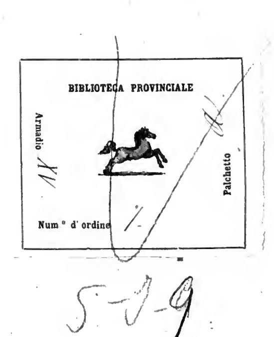



FONDO PIZZOFALCONE


BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XV
Palchetto
Num° d' ordine 7









# TRAITÉ
# DU FER ET DE L'ACIER.

# TRAITÉ DU FER

ET

# DE L'ACIER,

CONTENANT

Un système raisonné sur leur nature, la construction des fourneaux, les procédés suivis dans les différens travaux des forges, et l'emploi de ces deux métaux.

AVEC QUINZE PLANCHES EN TAILLE-DOUCE.



A PARIS,

CHEZ LE RAULT, SCHOELL ET C.ie, LIBRAIRES,

RUE DE SEINE, GRAND HÔTEL DE LA ROCHEFOUCAULT.

AN XII (1804).

# AVANT-PROPOS.

Le Traité du fer que l'on publie est le résultat d'une infinité d'expériences faites dans de grands établissemens, et pour lesquelles on n'a épargné ni soins ni dépenses.

La nature du fer, qui est le métal dont on fait le plus d'usage, n'étant encore que conjecturée, et le phlogistique, long-temps indiqué comme cause générale des phénomènes que l'on ne pouvoit expliquer, étant reconnu comme un agent imaginaire, on a été curieux d'en rechercher les principes, et l'on a suivi pas à pas l'existence de ce métal dans ses différens états, depuis sa formation jusqu'à sa nullité pour les usages auxquels il est destiné.

Cet ouvrage devoit paroître avant que l'on employât la théorie de la nouvelle chimie à expliquer la nature du fer ; cependant l'étude que j'en ai faite n'a rien changé à mon

opinion, et sans contester ce que trois savans ont prononcé dans le traité qu'en a publié M. MONGES, l'un d'eux, je tiens à mes principes, parce qu'ils sont fondés sur une infinité d'expériences répétées chacune jusqu'à conviction. Je m'attends à avoir pour détracteurs tous les partisans de la nouvelle chimie, et j'abandonne à leur critique tout ce qui est conjectural dans ce traité. Chacun étant maître de son opinion, je ne répliquerai jamais rien à celles qui sont contraires à la mienne. C'est au lecteur à juger : je demande seulement qu'on lise avant de prononcer, et surtout qu'on répète mes expériences si elles laissent le moindre doute et si toutefois on met quelque intérêt à se convaincre de la vérité de mon système.

Je ne serois pas étonné que les chimistes modernes différassent de mon opinion sur la nature du fer et de l'acier: la leur résulte d'une théorie fondée sur les nouveaux principes, et la mienne est, ainsi qu'on l'a dit, le résultat d'une infinité d'expériences faites en grand.

L'existence de l'oxigène comme partie constituante de l'air atmosphérique est bien démontrée; mais le rôle que l'on fait jouer à cette substance, tant dans la constitution du fer que pour donner à sa cassure une apparence plus ou moins bril-

lante, ne l'est pas à beaucoup près autant et peut laisser des doutes, surtout d'après les preuves physiques développées dans ce traité, puisqu'elles réduisent en démonstration ce qui n'est que conjectures dans le nouveau système.

Par exemple, l'opinion des chimistes modernes sur la manière dont le charbon opère la conversion du fer en acier, paroîtra peut-être moins fondée si l'on se convainc par la lecture de ce traité, que l'acier ne diffère du fer que parce qu'à volume égal le premier contient plus de parties métalliques que l'autre. En effet, les opérations que l'on fait sur la fonte et sur le fer battu pour les convertir en acier, tendent toutes à rapprocher leurs parties métalliques; tandis qu'il doit paroître impossible que le poussier du charbon puisse s'introduire dans les pores d'une barre de fer qui est dans la plus forte incandescence, et d'où l'air qui y est renfermé s'exhale dans le même temps, avec d'autant plus de violence que le fer est plus chaud : effet qui se manifeste par les soulèvemens qui se forment à la surface des barres de fer converties en acier.

On trouvera peut-être trop de détails dans ce traité; mais comme il a été entrepris pour l'instruction d'un corps chargé de la surveillance des établissemens d'artillerie, il a paru

nécessaire de mettre les inspecteurs théoriquement au courant de l'emploi du fer. Ce travail peut avoir quelque chose de minutieux pour ceux qui ne prennent aucun intérêt à la chose; mais peut-être sera-t-il intéressant, en général, par les détails qu'il contient, quelque système qu'on adopte sur la théorie du fer.

# TRAITÉ
# DU FER ET DE L'ACIER.

## PREMIÈRE PARTIE.

## DU FER.

### CHAPITRE PREMIER.

*Essai sur le fer.*

Le fer diffère des autres métaux en ce qu'il ne doit pas être totalement séparé, comme eux, des parties hétérogènes avec lesquelles il est uni dans sa mine; il doit, au contraire, conserver une dose du verre produit par la fusion de la terre de sa *gangue* avec celle de son fondant. Ce verre lie les parties métalliques entre elles, et leur sert de soudure; si on l'en purifie totalement, ou seulement en trop grande quantité, il perd sa consistance, et ne peut plus être employé aux usages auxquels il est destiné, ainsi qu'on le verra dans la suite de ce Traité.

Ce verre, qui se nomme *laitier*, se forme en même temps que les parties métalliques se réunissent; et, ces parties étant toujours et partout les mêmes, la qualité du fer ne peut varier que par la dose et la nature de son laitier. Ce verre, s'il est en trop grande dose dans le fer, lui communique sa fragilité, et le rend d'autant plus dur et plus cassant, mais plus aisé à souder, qu'il en contient davantage.

Le fer diffère encore des autres métaux en ce qu'il faut allier ceux-ci avec un autre métal, quand on veut les durcir, et que, pour les réunir sans les mettre en fusion, il faut employer une soudure particulière, plus fusible qu'eux.

La soudure de l'or, par exemple, doit être composée d'un mélange d'or et d'argent, qui, étant plus fusible que l'or pur, se fond avant que l'or se déforme. Il en est de même des autres métaux, pour la soudure desquels on ajoute une partie d'un métal plus fusible, avec une de celui qu'on veut souder. Cette addition n'est pas nécessaire dans le fer; il porte sa soudure avec lui, et c'est le laitier qui lui en sert.

Conjecture sur la formation de la mine de fer.

On peut supposer que les molécules du fer, ainsi que celles des autres métaux, sont à leur naissance très-atténuées : mais on ne les trouve pas généralement réunies sous la forme métallique, comme celles de l'or, de l'argent, etc., dont on rencontre souvent de petites masses malléables, que l'on nomme *métal natif*. D'après cela ne pourroit-on pas conjecturer que les molécules du fer, nageant dans leur dissolvant, l'humidité, sont réduites en chaux ou rouille en naissant; l'eau ayant, comme les acides, la faculté de priver le fer de sa forme métallique?

Ce qui paroît confirmer cette conjecture, c'est la parfaite conformité qui se trouve entre la mine de fer pulvérisée et sa rouille, dans toutes les comparaisons que l'on peut en faire, soit au feu, soit avec les acides [1].

Il n'en est pas de même des métaux qui ne naissent pas, comme le fer, dans leur dissolvant; les petites masses que l'on en trouve parmi leur mine, peuvent avoir été formées par la réunion de leurs molécules, à l'aide d'une chaleur souterraine.

On a cru long-temps qu'il n'existoit pas de fer natif; mais on assure qu'il s'en est trouvé de malléable dans différens endroits. Cette prétendue découverte a occasioné tant de contestations

1 Voyez l'article des rouilles, chapitre XIV.

parmi les naturalistes, que l'on ne peut encore admettre que quelques masses de ce métal, trouvées dans sa mine, soient un produit ordinaire de la nature.

S'il est vrai que les molécules métalliques du fer soient réduites en rouille au moment de leur formation, elles doivent se mêler avec les terres qui leur servent de matrice, et en suivre ensuite le sort, c'est-à-dire, rester terreuses, se pétrifier, se cristalliser, prendre la forme métallique par l'effet des chaleurs souterraines, etc.

Comme il n'est pas prouvé qu'il existe du fer natif, et puisque le laitier est une partie constituante du fer; qu'il sert de liaison à ses molécules métalliques, et qu'il lui tient lieu de la soudure qu'il faut ajouter pour réunir les autres métaux; il s'ensuit que la combinaison nécessaire de ce verre avec les parties métalliques du fer, doit le faire ranger dans une classe particulière parmi les autres métaux.

## CHAPITRE II.

### *Du laitier.*

Il m'a paru nécessaire de commencer cet ouvrage par examiner le laitier dans tous ses rapports avec le fer; c'est pour en démontrer l'existence et les propriétés que j'ai entrepris une nombreuse suite d'expériences, par lesquelles on verra qu'il est une partie constituante du fer, et l'agent principal de toutes les formes qu'on lui fait prendre par la soudure.

La mine de fer, en se fondant, produit du métal et du laitier. La plus grande partie de ce verre surnage le fer dans le creuset; mais il en reste toujours de mêlé avec les parties métalliques, et elles en retiennent d'autant plus que la chaleur du fourneau a été moins violente, ou que les proportions de la mine et de son fondant ont été moins bien combinées.

Le mélange du fer avec le laitier peut se comparer, quant à la dureté que celui-ci donne au métal, à l'alliage du cuivre avec l'étain; l'étain rend le cuivre plus compact en remplissant ses pores : ces deux métaux, mous de leur nature, produisent, en se pénétrant, un composé d'autant plus dur que l'étain domine davantage, au point qu'il peut résulter de leur alliage un corps très-cassant.

Le laitier produit le même effet sur le fer; c'est lui aussi qui donne à la fonte blanche l'apparence brillante [1], parce que, celle-ci contenant beaucoup de laitier, sa cassure tient de celle du verre, et présente de plus grandes surfaces, au lieu que la fonte grise, qui contient moins de laitier, conserve des pores

1 Il y a aussi du fer battu brillanté, et d'autre, terne. On dira, à l'article de la connoissance de ce fer, la distinction qu'il faut faire du fer de fonte miroité, à celui du fer battu de même apparence.

qui absorbent les rayons de lumière, et lui donnent une apparence plus terne qu'à la fonte blanche.

Comme le laitier est le résultat de la fusion de la *gangue* de la mine avec son fondant, il doit y avoir du laitier plus ou moins fusible, en raison de la proportion et de la qualité de chacune de ces terres.

Preuve de l'existence du laitier.

On ne sauroit douter de l'existence du laitier dans le fer : il commence à se faire voir dans le fourneau où l'on fond la mine; c'est cette matière vitrifiable qui se rassemble à la surface du creuset, et que l'on a soin de retirer. Ce premier laitier, quand il est bien fluide, a toutes les propriétés du verre; on peut l'employer en cloches de jardin, en former des briques, etc.

La couleur de ce laitier annonce la bonne ou mauvaise fusion de la mine, ainsi que le défaut ou la juste proportion du mélange de la mine avec son fondant. Le laitier le plus transparent, et qui est en même temps de la couleur gorge-de-pigeons, annonce que le degré de chaleur du fourneau a produit une bonne fusion : c'est le contraire, s'il est opaque et noirâtre. [1]

Le laitier se montre encore au creuset d'affinerie, où l'on refond le fer de fonte pour en former une masse nommée *loupe*, que l'on étire ensuite en barre; il découle de cette loupe, soit quand on la porte au marteau, soit quand on la bat, et il en découle d'autant moins des subdivisions de la loupe, qu'elles sont plus souvent repassées au feu et rebattues.

Il est à observer que les gouttes qui découlent de la loupe et de ses subdivisions, sont de deux espèces : celles qui sont réunies en petites grappes, sont métalliques; les autres, qui sont isolées et aplaties en dessous, sont d'une consistance terreuse. On reconnoît que les premières sont métalliques, en ce qu'elles sont attirables à l'aimant, et que les autres sont des écoulemens de laitier, dont les globules se sont aplatis en tombant.

1 On entrera dans le détail de ces signes à l'article des fourneaux.

Quelque nombre de chaudes qu'on donne au fer battu en le travaillant, et à quelques petites dimensions qu'on le réduise, toutes les fois qu'on le chauffe jusqu'à fusion du laitier, ce verre se montre. Les lames d'acier, même les plus minces, en contiennent encore, quoique le fer, avant de parvenir à l'état d'acier, ait été rougi un grand nombre de fois.

On trouve enfin le résidu du laitier dans le feu des maréchaux, où il forme, en très-grande partie, ce que l'on nomme le *mâche-fer*.

La diminution du laitier dans les chaudes successives que l'on fait éprouver au fer, a déterminé à en observer la progression.

Première expérience.

On a exposé une barre de fer de six lignes d'épaisseur à un feu d'affinerie, et l'on a observé par le trou de la tuyère, que le laitier surgeonnoit d'abord en globules à la surface de la barre, sur laquelle il se répandoit en nappe peu de temps après.

On a retiré cette barre du feu à l'instant où la nappe a été formée, et quoiqu'elle eût éprouvé du frottement au travers des charbons, elle est restée couverte d'un enduit luisant; mais le bout qui n'avoit pas éprouvé ce frottement, étoit plus luisant.

On a remis la barre au feu, et on lui a laissé prendre un plus fort degré de chaleur; les gouttes du laitier, après avoir commencé à filtrer à la surface de la barre, comme la première fois, se sont succédées rapidement, en s'écoulant à mesure vers le bout de la barre, qui étoit inclinée. L'écoulement du laitier ayant cessé, on a vu que les parties métalliques du bout de la barre se sont séparées par grumeaux, et sont tombées dans le creuset.

Cette observation semble prouver que le laitier se fond à un degré de chaleur qui n'est pas encore capable de désunir les parties métalliques, et que, lorsqu'il n'en reste plus assez dans le fer pour tenir ces parties réunies, elles se séparent.

Une remarque que l'on peut faire, en passant, sur la filtration du laitier au travers du fer, c'est que, si cette séparation se fai-

soit sans l'intermède de la dilatation de l'air renfermé dans la barre, il en résulteroit que tout le laitier s'écouleroit par la surface inférieure.[1]

Après m'être convaincu de l'existence du laitier dans le fer, et de la nécessité dont il est pour la réunion des parties métalliques entre elles, j'ai cru devoir constater qu'il étoit indispensable pour sa soudure.

Deuxième expérience.

Le fer du gris le plus foncé paroissant être celui qui contient le moins de laitier, on a fondu séparément, chaque fois, cent livres d'une fonte noirâtre et tendre à la lime.

La première opération a produit une loupe, dont il a découlé très-peu de laitier, et qui s'est brisée sous les premiers coups de marteau. On a rassemblé les morceaux qui avoient le plus de blancheur, et l'on est parvenu à les réunir en une barre, qui cependant s'est trouvée remplie de gerçures : ceux qui avoient conservé la couleur terne de la fonte, n'ont pas pu se réunir.

La seconde loupe, aussi de cent livres, a été retirée du creuset en quatre plateaux, ainsi que cela se pratique dans le travail de l'acier naturel, en jetant de l'eau dans le creuset sur le fer en fusion, pour le refroidir successivement par couches.

En cassant ces plateaux, on a trouvé que le premier étoit blanchi en dessus, de l'épaisseur de deux à trois lignes, et que les trois autres avoient conservé, à peu de chose près, et la nuance, et le grain de la fonte d'origine; ce qui a fait conjecturer que la blancheur du dessus du premier plateau venoit de la prompte fixation, par la fraîcheur de l'eau, du peu de laitier que la fonte contenoit, et qui surnage toujours le fer.

La barre que l'on a tirée de la première loupe semble aussi le prouver, parce qu'on a remarqué que les morceaux qui l'ont

1 Cette remarque trouvera son application à l'article de la réduction du fer forgé en acier.

produite, avoient de la blancheur, et provenoient sans doute de la partie supérieure de la loupe. C'est donc le laitier qui sert à lier entre elles les parties métalliques.

Troisième expérience.

Preuve que le laitier est la soudure du fer.

Pour se convaincre que le laitier est la soudure du fer, on a réuni en trousse de petites lames d'acier, d'une ligne d'épaisseur et de six pouces de longueur, et on en a forgé un barreau, que l'on a trempé dans de l'eau seconde [1], après l'avoir poli, pour mieux saisir l'instant où les soudures sont plus marquées, et pouvoir arrêter à temps les progrès de l'acide, en plongeant ce barreau dans l'eau. L'effet de l'acide fait si bien paroître la soudure des petites lames, qu'on peut les compter.

Le résultat de cette opération prouve que le laitier est véritablement la soudure du fer; car l'acide qui ternit les parties métalliques des lames, en les dissolvant, n'a aucune prise sur le laitier qui, comme soudure, occupe leurs intervalles, et qui est de la nature du verre. Quelque figure que l'on fasse prendre à ce barreau, soit en le tordant étant chaud, soit en le repliant en différens sens, après l'avoir saucé dans l'acide, les soudures retracent les contours qu'on lui a fait prendre : c'est ainsi que l'on cherche à imiter le damas.

Quatrième expérience.

Même épreuve sur de la limaille.

Pour pousser à bout cette recherche, on a rempli un tuyau de fer avec de la limaille; on l'a soudé, et l'on en a forgé un barreau, dont on a ensuite emporté à la lime tout le fer du tuyau, en sorte que le barreau n'est plus resté formé que de la limaille; l'on a poli et saucé le barreau, et l'on a trouvé la limaille dessinée par des contours luisans.

Essai pour priver le fer de son laitier.

On a voulu savoir s'il étoit possible de séparer totalement le laitier du fer, sans altérer ses propriétés métalliques.

Cinquième expérience.

Comme le fer en barre contient moins de laitier que celui de fonte, on a préféré, pour abréger, d'opérer sur une barre de fer; on l'a exposée à un feu d'affinerie, et le culot qui s'est formé

[1] L'acide vitriolique est également bon pour saucer le fer.

dans le creuset placé au-dessous dans le fond du foyer, s'est trouvé rempli de caries sphériques, tapissées d'un enduit luisant, qui ne pouvoit être que du laitier.

On auroit dû s'attendre que, le fer se détachant de la barre par grumeaux, et le laitier se calcinant dans le même temps à leur surface, il ne devoit plus y en avoir dans le culot, à moins qu'il n'en fût resté dans l'intérieur des grumeaux.

Pour le vérifier, on a forgé le culot, et il s'est divisé en morceaux sous le marteau. On a cherché à les étirer, mais l'on n'a pu y réussir que pour quelques-uns. On a chauffé plusieurs fois les barreaux qu'ils ont fournis, et on a continué à les battre et à les chauffer alternativement, tant qu'ils ont conservé de l'épaisseur : pour lors ils se sont exfoliés, et leurs feuilles se sont trouvées blanchies sur les surfaces intérieures. Cette blancheur n'a pu être produite que par le laitier que le fer avoit conservé, mais qui s'est trouvé insuffisant pour tenir réunies les couches de la barre.

Le fer s'exfoliant ainsi en feuilles aussi minces que celles du plomb écroui à sa moindre épaisseur, il ne peut plus être d'aucune utilité, quoiqu'il ait encore retenu du laitier : ce verre existe donc dans le fer tant qu'il conserve son état métallique.

Réflexions sur la nature du laitier.

Le laitier conservant sa nature dans le fer battu, son degré de fusibilité doit influer nécessairement sur la qualité de ce métal : si le laitier est plus ou moins réfractaire, il doit y avoir du fer plus ou moins lent à souder.

Quand le fer ne contient pas assez de laitier, sa soudure est difficile; et si son laitier est très-fusible, l'instant de la soudure exige beaucoup d'attention de la part de l'ouvrier.

S'il y a trop de laitier dans le fer, il est cassant, parce qu'il participe de la nature vitreuse du laitier; mais il se soude aisément.

Quand le fer ne contient que la dose de laitier suffisante pour sa soudure, il est réputé le meilleur, parce qu'en même temps

qu'on peut le souder sans beaucoup de précaution, il a la qualité deplier sans se casser.

Si l'on avoit la faculté de composer le laitier, il faudroit préférer de le rendre plutôt réfractaire que trop fusible, parce que, dans le traitement du fer, l'art consiste essentiellement à le bien souder, et que la réunion se fait mieux quand le forgeur peut donner aux parties métalliques le temps de se ramollir avant que le laitier nécessaire à la soudure soit parvenu à la surface de la barre, où il ne peut pas rester un instant liquide sans se calciner.

Le fer paroissant donc tenir sa qualité de la nature et de la dose de son laitier, il faut en le travaillant, s'il en contient trop, s'occuper des moyens de l'en débarrasser, et s'il en a peu ou qu'il soit de nature trop fusible, en tempérer l'évacuation. On fera dans la suite l'application de ces principes.

Conclusion. On peut conclure, 1.° que l'abondance du laitier, s'il est de bonne nature, ne nuit pas à la qualité du fer, parce qu'en le chauffant et en le battant à plusieurs reprises, on peut diminuer la quantité de ce verre.

On peut bien, par le même moyen, débarrasser le fer d'un laitier réfractaire; mais comme toutes les fois qu'on le fait rougir jusqu'à fusion de laitier, il se calcine une couche de ce verre qui laisse désunies celles des parties métalliques dont elle faisoit la liaison, les dimensions de la barre diminuent à mesure.

1.° On peut donc diminuer la dose du laitier à force de repasser le fer au feu, mais on ne parvient jamais à en changer la nature. 2.° Si le fer manque de laitier, il est impossible d'en augmenter la dose; cette opération, si elle étoit praticable, seroit très-utile; il seroit de même très-avantageux de pouvoir remplacer celui que le fer auroit perdu, et d'en proportionner à volonté la quantité à celle des parties métalliques.

Sixième expérience. Le laitier que j'ai cherché à introduire dans du fer de fonte mis en fusion, a toujours surnagé, et n'a jamais pu se mêler

avec lui : il s'épaissit bientôt après avoir été fondu, et se calcine l'instant suivant.

Il n'y a donc aucun moyen d'augmenter le laitier du fer déjà fondu, ni par conséquent d'en changer la qualité.

Le meilleur fer possible seroit donc celui qui ne contiendroit qu'une dose de laitier justement proportionnée à la quantité de ses parties métalliques, et qui ne seroit ni trop réfractaire ni trop fusible; parce qu'alors il réuniroit les deux qualités essentielles de ce métal, celle de se bien souder, et celle de plier sans se casser.

Le fer qui est préférable.

## CHAPITRE III.

### *Des substances nuisibles au fer.*

Le soufre et l'arsenic sont les deux substances connues qui nuisent le plus à la qualité du fer : aussi a-t-on soin de les faire évaporer de la mine, en la grillant [1] avant de la mettre au fourneau. Si l'on n'a pas pris cette précaution, il est ensuite très-difficile de bien purifier le fer; le soufre, surtout, lui reste si intimement lié que le grillage ne suffit même pas toujours pour l'en purger entièrement. Il est effectivement reconnu que le soufre se sépare difficilement des métaux auxquels il est uni; qu'il s'oppose à la réunion des parties métalliques, et qu'il les réduit même en scories.

*Le soufre.*

En répétant les expériences de Kunkel sur de l'antimoine qui n'est composé que de son régule et de soufre, on n'a jamais pu en former le culot qu'en y ajoutant de la terre calcaire pour en absorber le soufre, la sublimation que Kunkel prescrit n'ayant pas suffi pour le faire évaporer.

Le soufre ayant plus d'affinité avec le fer qu'avec les autres métaux, il doit lui être plus adhérent qu'au régule d'antimoine; et si le fer battu en contient encore, il est nécessairement cassant à chaud, le soufre entraînant la dissolution du fer dans cet état.

*L'arsenic.*

L'arsenic, dont la propriété est de blanchir tous les corps avec lesquels il est combiné, forme, en s'unissant au fer, un régule blanc mêlé de stries [2]. Si le fer contient encore de ce demi-métal, qui n'est point ductile, étant rougi, il se sépare en

1 Voyez le chapitre IV, des mines.

2 Voyez ci-après l'article de l'analyse du fer de fonte.

morceaux sous le marteau : il est vraisemblable que celui qui ne fait que se gercer, en contient moins.

L'arsenic a, comme le soufre, la propriété de s'unir aux autres métaux, et d'avoir avec eux beaucoup d'adhérence. On a éprouvé que du cuivre blanchi par l'arsenic est resté huit jours au feu sans pouvoir en être séparé.

Le soufre et l'arsenic doivent donc, lorsqu'ils sont unis au fer, lui donner une mauvaise qualité; celui que les ouvriers nomment *rouverin*, auquel les Allemands donnent le nom de *rothbrüchig*, ou *cassant à chaud*, semble être de cette espèce.

Septième expérience.

Mélange du fer avec le soufre et l'arsenic.

On s'est convaincu qu'il étoit possible d'introduire ces deux substances dans le fer de fonte mis en fusion : on a fait trois coulées avec chacune d'elles, et la différence de la fonte d'origine à celle de ces mélanges s'est trouvée bien marquée; le fer avoit pris une apparence plus blanche et plus compacte.

La première coulée de chacun de ces mélanges a été versée dans l'eau; la seconde, dans le sable, et la troisième, sur des cendres chaudes.

On a remarqué que la fonte coulée sur les cendres n'étoit pas si blanche que les deux autres, mais qu'elle avoit cependant conservé plus de blancheur que la fonte d'origine : ces substances rendent surtout la fonte striée et très-brillante. [1]

Huitième expérience.

On a ensuite tenté d'en faire la sublimation; mais elle n'a prouvé ni l'existence du soufre, ni celle de l'arsenic dans le fer : ce n'a été qu'en l'ustulant, que s'est manifestée l'odeur du soufre et celle de l'arsenic.

Comme il a paru possible que le soufre et l'arsenic nuisissent à la soudure, en dénaturant le laitier, et en entraînant trop vîte sa fusion, on a fait fondre du laitier qui s'écoule du fourneau où l'on fond la mine; on en a rempli deux creusets; on a mis du soufre dans l'un et de l'arsenic dans l'autre : le soufre n'a

Neuvième expérience.

1 On traitera plus à fond de ces mélanges à l'article de l'analyse des fontes.

pas beaucoup changé la couleur bleuâtre du laitier, mais il s'y est formé de grandes caries, et il est devenu très-friable.

L'arsenic a plus défiguré le laitier; il l'a changé en un corps dense, noir en dehors, et blanchâtre en dedans, très-carié et friable; ses caries étoient beaucoup plus petites que celles produites par le soufre : mais au lieu de rester en masse, comme le laitier de la première opération, il s'est étendu dans la cuiller en gâteau mince; on a surtout remarqué que l'arsenic l'avoit rendu plus dur à casser que le soufre.

L'arsenic seroit donc encore plus nuisible au fer que le soufre : mais il est constaté que tous les deux donnent une mauvaise qualité à son laitier, puisqu'ils en changent la nature, tandis qu'il la conserve lorsqu'il est refondu sans addition.

On connoît l'existence du soufre et celle de l'arsenic, non-seulement à l'odeur, mais à d'autres signes très-apparens.

Si une mine est unie à des pyrites jaunes, c'est une preuve qu'elle contient du soufre, et si elle l'est à des pyrites blanches, elle contient de l'arsenic.

Si la mine n'exhale pas sensiblement l'odeur du soufre ou de l'arsenic, on peut, pour s'assurer qu'elle n'en contient pas, faire sublimer séparément, dans des cornues de terre, de la mine pure, une partie de mine et une demi-partie de soufre; enfin, une partie de mine et une demi-partie d'arsenic.

Dixième expérience.

On expose ces trois cornues dans un fourneau à réverbère, à un feu progressif d'environ six heures; on les casse après qu'elles sont refroidies : si la mine est pure, la sublimation sera rouge; mais si elle contient du soufre ou de l'arsenic, elle sera orangée, quelque peu qu'il y en ait dans la mine.

Les autres substances, telles que l'acide phosphorique, etc., ne peuvent se découvrir que par des opérations chimiques trop délicates dans la pratique ordinaire.

Métaux et demi-métaux.

Les métaux et demi-métaux nuisent à la soudure du fer; il y a cependant des auteurs qui prétendent qu'une petite quantité

de cuivre le bonifie. On verra dans la suite de ce traité qu'il ne lui est pas tout-à-fait nuisible, surtout si le fer n'est pas destiné à des pièces délicates qui soient dans le cas d'être soudées; on verra aussi qu'il n'est pas possible d'en purger totalement le fer. Les ouvriers nomment *cuivreux* le fer qui est rebelle à la soudure, et qui ne peut se réunir qu'étant serré dans un étau. Ce préjugé est si bien établi parmi eux qu'il est presque inutile de chercher à les en dissuader. Ce fer prétendu cuivreux est souvent le produit d'une mine sulfureuse; si elle avait été grillée, la qualité du fer seroit devenue meilleure.

Onzième expérience.

On a cherché à éclaircir ces doutes au sujet de cette fonte supposée cuivreuse, et qui est effectivement intraitable à l'affinerie; on en a fait du vitriol[1], et l'on s'est convaincu qu'elle ne contenoit absolument point de cuivre. Le vitriol qu'on en a retiré s'est trouvé martial, et d'une très-belle couleur verte, au lieu qu'il auroit été bleu, s'il y avoit eu la moindre parcelle de cuivre.

Douzième expérience.

On a aussi ustulé de la même fonte, après l'avoir pilée, pour connoître si elle ne contenoit pas du soufre ou de l'arsenic; mais on n'a senti aucune des odeurs qu'exhalent ces substances. On a fait les deux mêmes opérations sur la limaille du fer battu provenant de cette fonte, et l'on n'a pas obtenu d'autre résultat. Il est plus vraisemblable que ce fer manquoit de laitier, et que par cette raison sa loupe, faute de soudure, s'étoit brisée sous le marteau, d'autant mieux que le fer des barreaux qu'on a tirés des morceaux de cette loupe, étoit très-nerveux.

On a fait l'épreuve suivante pour se convaincre que le cuivre appliqué sur le fer, est un obstacle à sa soudure.[2]

1 On arrose le fer pilé ou la limaille avec de l'huile de vitriol; on l'affoiblit avec trois ou quatre parties d'eau; après quelques instans on y ajoute encore de l'eau pour savoir si la fermentation est achevée : on laisse reposer le tout pendant vingt-quatre heures dans un endroit chaud; on filtre, on évapore sur un petit feu jusqu'à pellicule, et on laisse cristalliser.

2 Le rapport du cuivre avec le fer est traité en détail à l'article de l'analyse du fer de fonte. Chap. XI.

Treizième expérience.

On a appliqué une feuille de cuivre de deux lignes d'épaisseur, sur une barre de fer, qu'on a pris la précaution de limer auparavant pour décaper sa surface, et on lui a donné la chaude de la soudure. La barre, après le refroidissement, s'est trouvée enduite de cuivre sur environ un pied de longueur. On l'a coupée dans le milieu de la partie enduite de cuivre ; on a cherché à souder ces deux parties l'une sur l'autre : mais l'ouvrier, n'ayant sans doute pas donné la première chaude assez forte, n'a pu parvenir à en faire la réunion ; ce n'est qu'en la réchauffant une seconde fois, au degré de soudure, qu'il a réussi, par la raison qu'alors le cuivre étoit entièrement consumé.

On emploie cependant le cuivre en feuille pour réunir deux morceaux de fer que l'on ne veut pas déformer avec le marteau, comme un anneau de clef ou autres petits objets de cette espèce : mais pour lors il ne faut chauffer le fer que pour faire fondre le cuivre ; encore est-on obligé d'entraîner sa fusion avec du borax ou du verre pilé. Ce genre de soudure se nomme *brasure*.

# CHAPITRE IV.

## *Des mines.*

Quelqu'origine que l'on attribue aux molécules métalliques du fer, on peut les supposer infiniment petites, et réduites par l'eau, leur dissolvant, en chaux ou *rouille,* peu après leur formation, et ensuite combinées avec les terres qui les reçoivent.

Si cette hypothèse, qui a beaucoup de vraisemblance, est vraie, les mines de fer, quoiqu'elles aient toutes le même principe métallique, doivent différer entr'elles par la nature de la terre qui leur sert de gangue, et être argileuses, calcaires, ou vitrifiables. Elles doivent aussi prendre la forme des terres avec lesquelles elles sont combinées : rester terreuses, si elles n'ont subi aucun changement depuis que le mélange de la chaux métallique avec leur gangue a eu lieu : être converties en roche ou toute autre pétrification; réduites en pierrailles, en grains et en silex : se former en stalactites ou se cristalliser : suivre, enfin, le sort des pétrifications et cristallisations ordinaires.

Il est plus difficile d'expliquer l'apparence ferrugineuse d'un certain genre de mines, à moins qu'on ne l'attribue aux feux souterrains, dont les différens degrés ont dû mettre de la variation dans leur consistance et leurs couleurs; car on en trouve dont la surface a l'apparence d'un fer trop chauffé. Il y a un autre genre de mines, qui, comme celles des autres métaux, doivent leur minéralisation aux vapeurs sulfureuses, arsenicales ou autres : telles sont les pyrites, dans lesquelles les molécules métalliques sont si défigurées et en si petite quantité, qu'on n'en fait aucun usage.

Toutes les mines ayant la même origine et tenant leur configuration des circonstances qui y ont part, mais qui ne changent

rien [illegible] nature de leur gangue, leur forme et leur consistance doivent être indifférentes à ceux qui les emploient : ainsi il leur suffit de connoître de quelle espèce de terre leur gangue est formée.

La consistance des mines terreuses étant la même que celle des terres ordinaires, leur configuration ne mérite pas qu'on s'y arrête. Il n'en est pas de même de la formation de celle des mines, à laquelle les feux souterrains semblent avoir tant de part. On ne peut s'en rendre raison que par des conjectures très-incertaines : cependant il paroît vraisemblable qu'elles tiennent leur forme et leur couleur d'un degré de chaleur qu'elles ont éprouvé après avoir d'abord été pétrifiées, cristallisées, etc., et qu'elles ne diffèrent des mines terreuses que pour avoir perdu par le feu leur première consistance.

L'effet de la chaleur est bien caractérisé dans les mines que l'on nomme *hématites noires.* On en trouve dont la surface est bouillonnée et hérissée de pointes qui surmontent leurs globules. L'intérieur des globules et des pointes est vitrifié et strié : cette vitrification semble ne pouvoir être opérée que par le feu; car il y a de ces hématites totalement vitrifiées, d'autres où il reste un noyau de mine d'apparence ferrugineuse; ce qui annonce l'effet progressif de la chaleur, qui n'avoit encore agi que sur la partie extérieure de la mine. Cela est d'autant plus probable que les quartiers de mine d'où on détache ces hématites, sont de même nature que leur noyau.

On remarque autour de ce noyau un bouillonnement de petits globules, de même consistance que ceux de la surface : ces globules communiquent au noyau par des stries qui semblent marquer la trace de leur écoulement vers la surface, à mesure qu'elles ont été vitrifiées.

Il y a de ces mines dans lesquelles les effets de la chaleur sont encore mieux caractérisés; on en distingue la progression en les cassant. La base des mamelons a le brillant des hématites noires;

leur consistance est plus terne à la surface, et leurs pointes sont noires et cariées. On trouve aussi d'autres mines, même en roche, où l'on observe une semblable progression, et qui ne laissent aucun doute qu'une chaleur souterraine ne les ait pénétrées plus ou moins profondément, car leur base conserve toujours la consistance primitive de la mine.

Il paroît donc que les hématites, par exemple, ont d'abord été réduites en mines d'apparence ferrugineuse par le premier degré de chaleur qu'elles ont essuyé, et ensuite vitrifiées par une chaleur plus violente.

Une preuve que les mines d'apparence métallique ont essuyé de la chaleur, c'est que leur surface, quand on l'humecte, se dissout en terre rouge, et que les mines terreuses, de quelque couleur qu'elles soient en sortant de la terre, ne rougissent qu'après avoir été chauffées. Les mines d'apparence ferrugineuse prennent bien aussi cette couleur au feu, mais elle est plus foncée que celle des autres mines chauffées au même degré.

On doit observer à ce sujet que les mines ne rougissent que quand on les grille[1] dans un creuset; mais qu'elles noircissent si, en les grillant, elles sont exposées à la fumée.

Les mines rapprochées de l'état métallique par une chaleur de fermentation, semblent être celles qui n'ont pas éprouvé de réduction; au lieu que celles qui, par la combustion, ont été en contact avec le charbon, sont devenues attirables à l'aimant: les parties de celles-ci sont bouillonnées et paroissent calcinées.

On pourroit conclure, d'après ce que l'on vient de dire au sujet des effets progressifs de la chaleur sur les mines, que, si l'on faisoit chauffer une mine terreuse dans un creuset, on obtiendroit d'abord une mine d'apparence ferrugineuse, et qu'en poussant ensuite le feu, on formeroit une hématite; mais en essayant

1 On dira ci-après ce que c'est que le rôtissage ou le grillage des mines (voyez la table).

cette opération, nous n'avons obtenu qu'un verre noirâtre, dont toutes les cavités étoient cependant bouillonnées, de même que celles des hématites. Ce n'est pas la seule circonstance où l'art se trouve en défaut en voulant imiter les procédés de la nature. On ne peut pas comparer les feux que nous employons dans nos opérations, à ceux que les mines sont dans le cas d'éprouver. Les nôtres sont peut-être plus ardens; mais la durée des feux souterrains compense leur degré de chaleur, et sans doute plus complétement, par la raison qu'elle agit plus lentement : moyen que les alchimistes ne manquent pas d'employer lorsqu'ils veulent imiter les procédés de la nature.

Quatorzième expérience.

Nous ne pouvons pas, par exemple, faire fondre le sable sans addition, au lieu que la nature produit le cristal, etc., naturellement.

Au surplus, il suffit que les effets de la chaleur soient bien caractérisés dans certaines mines, pour que nous soyons en droit de penser qu'elle a pu agir sur d'autres.

Les mines d'apparence ferrugineuse, unies au soufre ou à l'arsenic; celles que l'on croit formées par les vapeurs de ces substances ou autres acides; et, enfin, celles qui sont mêlées avec les principes des autres métaux ou demi-métaux, leur ont fait donner les noms de mines sulfureuses, arsenicales, cuivreuses, plombées, calaminaires; de même que la qualité de leur gangue les fait distinguer en argileuses ou calcaires, ou enfin vitrifiables, c'est-à-dire, mixtes, et n'ayant pas besoin de fondant.

Les couleurs des mines ne sont pas moins variées que leurs figures : la dissolution de la chaux métallique a dû donner la couleur de rouille, plus ou moins foncée, à toutes les mines terreuses; ces mélanges, en se pétrifiant, ont dû conserver leur couleur primitive, et cette couleur a pu se modifier par les changemens que la pierre a subis depuis sa formation.

Les mines d'apparence ferrugineuse, ainsi que les mines en roche colorées en noir, tiennent leur couleur de la chaleur et

de la fumée qui les ont pénétrées; car si on chauffe une mine terreuse sur des charbons, elle noircit; et, dans un creuset, elle rougit d'abord, et devient d'un rouge plus foncé à mesure qu'on la chauffe davantage; elle finit, enfin, par se vitrifier. C'est sans doute ainsi que la nature a réduit certaines mines dans l'état où on les trouve; mais il manque à l'art la connoissance des moyens qu'elle a employés, pour rendre l'imitation plus parfaite. Quinzième expérience.

Il paroît plus que vraisemblable que les mines tiennent leur couleur primitive de celle de la chaux métallique, produite, soit par l'eau, soit par un acide; car l'eau et chacun des acides donnent une couleur différente à la dissolution du fer.

Les rouilles produites par l'acide marin et l'acide sulfureux, sont d'un jaune assez foncé et à peu près de la même nuance: la rouille produite par l'eau est plus foncée, et celle de l'acide nitreux est d'un gris noirâtre. Toutes ces rouilles, rougies dans un creuset, prennent une couleur purpurine: celle de l'acide nitreux est la plus belle, et celle de l'eau en approche beaucoup; celles des deux autres acides sont plus foncées, et leurs nuances diffèrent peu, comme leur couleur primitive. Seizième expérience.

En comparant, l'une après l'autre, toutes ces rouilles[1] avec la mine en poudre, on trouve peu de différence entre les couleurs de celles-ci et celles des rouilles; et quand on les fait rougir, elles prennent la même nuance purpurine que la rouille, dont elles avoient la couleur avant que d'être échauffées.

Sur quarante mines de différentes classes que nous avons fait griller dans un creuset, il ne s'est trouvé qu'une mine en roche dont la couleur approchât plus du noir que du pourpre. Pour en connoître la cause, on en a fait la réduction avec de la graisse, et, en lui présentant ensuite la pierre d'aimant, on a reconnu qu'elle contenoit peu de parties métalliques.

[1] Voyez l'article des rouilles ci-après (la table indique le numéro de la page).

Cette observation pourroit faire conjecturer que les mines qui ne prennent pas au grillage la couleur rouge ou purpurine, sont très-pauvres, et qu'elles ne conservent une nuance approchant de leur couleur primitive que parce que les parties terreuses priment dans la gangue, et éteignent le rouge du peu de parties métalliques qu'elle contient; car l'on sait que les pierres ordinaires se distinguent des mines en ce que le feu n'altère pas leur couleur naturelle, excepté les calcaires, qui se convertissent en chaux.

On a remarqué que les mines dont la couleur primitive approche du jaune de la rouille par l'eau, sont celles qui prennent le plus beau rouge au feu, et que ce rouge est d'autant plus foncé que le jaune de la mine est moins doré.

Outre les mines dont on a déjà parlé, il y en a qui sont brillantes, et qui tiennent peut-être leur lustre de la vitrification; d'autres, dont la surface est couverte de cristallisations (ces cristallisations sont rassemblées dans leurs cavités); d'autres, enfin, qui sont brillantées par du mica ferrugineux, qui rend la mine onctueuse au toucher.

Ces mines sont beaucoup plus pesantes que les mines terreuses, et c'est parmi elles que l'on trouve la plupart des mines attirables à l'aimant; ce qui fait croire qu'elles sont plus rapprochées de l'état du fer que les mines terreuses, qui ne le sont jamais avant que d'avoir éprouvé la réduction. [1]

La pétrification de la chaux métallique en roche, et filtrée, se conçoit aisément, puisqu'elle suit le sort des terres avec lesquelles elle est mêlée; mais la configuration des mines en grains, ou lenticulaire, ne peut s'expliquer qu'en supposant qu'elles ont fait partie d'une mine en roche, et qu'elles ont ensuite été charriées par les eaux, comme les silex.

Il y a de ces mines dont les grains sont composés de plusieurs

---

1 Ces mines sont d'autant plus riches qu'elles sont plus pesantes et plus dures à casser.

couches qui se dépouillent par calottes, et qui semblent tenir leur formation d'une mine terreuse, dont une petite masse desséchée a été entraînée lentement, et s'est chargée, en roulant, de plusieurs couches à différentes reprises.

Nomenclature des mines.

Les noms que les naturalistes ont donnés aux mines, sont en très-grand nombre, et composent une nomenclature qui exige une étude particulière. Quoique ces noms n'aient rien d'intéressant, et soient inutiles pour le traitement du fer, que nous avons essentiellement en vue dans cet ouvrage, nous allons cependant donner ceux des principales mines connues.

On divise les mines de fer en trois classes.

1.re classe des mines.

La première comprend les *ocres*, ou mines en terre, dont la couleur est d'un jaune plus ou moins foncé.

On les nomme *bleu de Prusse natif*, si elles en ont la couleur. Celles qui sont en petits grains noirs, se nomment *arénacées*, et *sable de fer*, si elles sont en paillettes de la couleur de ce métal.

Les *mines de marais* sont tous les limons qui contiennent assez de parties métalliques pour être employés comme mines. Leur couleur approche plus ou moins de celle de la rouille; elles ont aussi plus ou moins d'analogie entre elles. On compte dans cette classe les mines en *pois* ou en grains, c'est-à-dire, celles dont la figure est arrondie.

Les *mines en fèves*, celles dont les grains sont aplatis. On nomme *numismales* ou mines à *deniers*, celles qui sont formées par couches, et dont le bord est arrondi; mines *micacées*, celles qui sont en paillettes luisantes, noirâtres, onctueuses au toucher, et dont il s'attache des particules aux doigts.

*Crayon rouge*, les mines de couleur rouge, que l'on peut employer à tirer des lignes.

*Argile*, si elles sont rouges ou couleur de rouille, et qu'elles n'aient pas assez de consistance pour être employées comme crayon.

2.e classe. La seconde classe est composée de toutes les mines en roche qui ne diffèrent pas des pierres ordinaires, et qu'on nomme *mines de fer grises ;*

*Spéculaires*, si elles sont luisantes ou susceptibles d'être polies;

*Aimant*, quand elles attirent le fer;

*Émeri*, si elles sont propres à polir les métaux ;

*Grenats martials*, si leur substance est uniforme, et leur figure angulaire. (Si parmi les mines en roches il y en a qui font feu avec le briquet, c'est qu'elles ont une gangue vitrifiable, soit quartzeuse, soit spathique.)

On comprend dans cette classe les mines en cristaux et en stalactites ;

Les *hématites noires* ou rouges, qui sont rayonnées et striées intérieurement ;

Les mines de fer *octaèdres*, c'est-à-dire, à huit pans ;

Les *spathiques*, celles qui sont formées par écailles, et qui sont douces au toucher.

On les nomme *spathiques jaunes*, si elles ont cette couleur bien marquée ; et *spathiques blanches*, si le jaune est foible.

On a souvent de la peine à distinguer ces mines du spath de même couleur : on ne les connoît qu'en les grillant ; les mines deviennent rouges ou noirâtres, et le spath ne change pas de couleur.

En général, on donne aux mines spathiques le nom de *mines d'acier*, parce que leur fonte est la plus propre à être convertie en bon acier.

3.e classe. On comprend dans la troisième classe celles qui sont métallisées par le soufre, l'arsenic ou une autre substance volatile, et que l'on regarde comme les vraies mines de fer ; parce qu'elles sont minéralisées, de même que celles des autres métaux.

Les mines d'apparence *ferrugineuse* ou *métallique* sont aussi de cette classe ; on les nomme mines de fer noirâtres.

Il y a des auteurs qui prétendent que les mines noirâtres sont toutes attirables à l'aimant ; mais on a des preuves du contraire.

Tous conviennent que les mines grises ne le sont pas. On trouve assez communément des mines noirâtres attirables, en Norwège, en Suède et en Styrie.

Presque toutes celles de cette classe sont couvertes, au sortir de la minière, d'un enduit rougeâtre produit par la dissolution de leur surface. Cette terre forme même des couches assez épaisses entre les quartiers de mines, et, par cette raison, on les nomme mines rouges, mais improprement, car en les lavant on les trouve d'une couleur bleuâtre plus ou moins foncée.

Les pyrites [1] sont aussi de cette classe. Les jaunes, ou celles qui sont minéralisées par le soufre, se nomment *pyrites*, ou *pyrites à soufre*, ou enfin *pyrites à vitriol.*

Les pyrites blanches sont minéralisées par l'arsenic, dont elles tiennent leur blancheur : on les nomme aussi marcassites ou pierres de santé. Les joailliers les emploient comme pierreries.

Nous supprimons une infinité d'autres dénominations de mines, comme inutiles à ceux qui ne veulent pas en faire une étude particulière.

Les pyrites, l'aimant, l'émeri, quoique mines de fer, en contiennent si peu, et il y est si défiguré, qu'on n'en fait aucun usage dans les forges; mais chacune de ces mines a une propriété que tout le monde leur connoît, et qui les rend bien plus utiles que si l'on en faisoit du fer.

Réduction des mines en poudre.

Dix-septième expérience.

Toutes les mines pulvérisées, rougies dans un creuset avec de la poudre de charbon, et encore mieux avec de la graisse, deviennent attirables à l'aimant : il y en a qu'il suffit de faire rougir sans addition, pour qu'elles le deviennent; presque toutes les mines spathiques sont de ce nombre. Ces mines, et toutes celles qui sont cristallisées, paroissent, après les mines d'apparence ferrugineuse, les plus rapprochées de l'état métallique, puisqu'elles deviennent attirables par la seule opération du grillage.

Les mines spathiques, paroissant tenir leur consistance de la

1 Que les Allemands nomment Kies.

chaleur, doivent être plus rapprochées de l'état métallique que les mines en terre ou en roche, dont aucune ne devient ni rouge, ni attirable à l'aimant, avant d'avoir été grillée.

On remarque que parmi les mines qui deviennent attirables sans addition, celles dont le rouge est plus foncé, sont les plus attirables; et que celles qui sont sulfureuses ou minéralisées par des substances volatiles, telles que les pyrites, sont les moins bien réduites.

Mines d'acier. Quoiqu'il n'y ait pas de mine particulière d'acier, et que l'on puisse faire de l'acier avec toutes les fontes, il y a cependant des mines de fer, telles que les spathiques, qui en donnent généralement de meilleur que les autres.

Cependant en Styrie et en Carinthie, d'où l'on tire le meilleur acier connu, il y en a qui ne sont point spathiques, et qui produisent de bon acier; la plupart cependant le sont. La mine de ces pays la plus renommée est noire, et on la nomme *mûre :* il y en a de la blanche qui mûrit à l'air et y devient noire, comme l'autre, dans l'espace de vingt ans, à ce que disent les habitans.

On y emploie aussi une troisième mine, qu'on désigne par le nom de *trop mûre,* qui est pauvre, mais que l'on mêle avec les autres, parce qu'elle contribue à leur fusion. Toutes ces mines fournissent du fer ou de l'acier à volonté, selon qu'on les traite.

Il y a des mines à Siegen dans le pays de Nassau, à Bendorf près de Coblence, et a Allevart en Dauphiné, dont on fait de très-bon acier, et qui sont spathiques. Elles sont toutes formées en écailles luisantes, et leur couleur est isabelle plus ou moins foncé.

Noms des mines charriées. Outre les noms que les minéralogistes donnent aux mines de fer, il y en a qui sont en usage dans les forges.

Les *mines grasses*, en termes de mineurs, sont celles que l'on trouve dans la terre argileuse ;

Les *mines maigres,* celles qui sont dans la terre sablonneuse.

On les distingue aussi par leur degré de fusibilité : on dit

qu'elles sont *sèches* ou difficiles à fondre, quand leur gangne n'est qu'argileuse ou calcaire.

On les nomme *vives* ou *chaudes*, quand leur gangue est composée de deux terres qui se servent réciproquement de fondant.

Quoiqu'il n'y ait qu'une seule espèce de terre que l'on nomme *vierge*, on en distingue de quatre sortes. Des terres.

1.° La terre argileuse, que l'on croit être une combinaison de la terre vierge avec celle qui résulte de la putréfaction des plantes. Cette terre n'est pas dissoluble dans les acides, et se durcit au feu ordinaire, quoiqu'elle se vitrifie quand elle est exposée à une chaleur plus violente que celle des fourneaux ordinaires.

2.° La terre *calcaire*, qui est dissoluble dans les acides et que l'action du feu change en chaux. On la croit formée par des amas de coquillages, par la raison que les coquillages se convertissent en chaux comme la pierre calcaire.

3.° La terre *gypseuse*, qui est une terre calcaire unie à l'acide vitriolique. Cette terre ne se dissout pas dans les acides, et prend de la dureté quand on l'humecte avec de l'eau.

On nomme cette terre réfractaire, parce qu'elle ne peut être fondue que par un feu très-violent.

4.° La terre *vitrifiable*, qui n'est pas dissoluble dans les acides, et qui, étant mêlée avec un fondant léger, tel que l'alcali fixe ou du verre pilé, se vitrifie. Le sable, les cailloux, les pierres à fusil, les cristaux de roche, et enfin toutes les pierres qui font feu avec le briquet, sont de ce genre.

Le hasard avoit appris aux hommes que les mines argileuses se durcissoient au feu de fusion, au lieu de s'y vitrifier, et que la mine calcaire s'y convertissoit en chaux; que, quand ces terres étoient mêlées et chauffées ensemble, elles se servoient réciproquement de fondant et formoient un verre : l'expérience leur a ensuite fait entrevoir la dose de chacune d'elles nécessaire à une liquéfaction assez complète pour laisser aux parties métalliques en fusion la liberté de se réunir dans le creuset. Fondant des mines.

Comme ces deux espèces de mines ne se trouvent pas ordinairement à portée l'une de l'autre, il a fallu suppléer à la mine calcaire par de la pierre à chaux, et à la mine argileuse, par une terre de cette nature, nommée *herbue.*

L'arbitraire sur les doses du mélange a eu lieu très-longtemps : c'est le savant Pott qui, d'après ses expériences sur la propriété qu'ont certaines terres de servir de fondant à d'autres, a réglé la quantité de terre calcaire qu'il falloit ajouter à la terre argileuse pour produire la fusion la plus complète. Il a trouvé que cette proportion étoit d'une partie de terre calcaire sur trois d'argile, ou de trois parties de terre calcaire sur cinq d'argile.

Pour connaître la nature d'une mine, il faut en séparer les terres et pierres hétérogènes, la pulvériser, la faire sécher, et ensuite l'arroser avec un acide. S'il se fait une effervescence, c'est-à-dire, si l'on aperçoit un bouillonnement, quelque petit qu'il soit, la mine est calcaire, les acides n'ayant pas d'action sur la terre métallique : si, au contraire, il ne se fait aucun mouvement dans l'acide, c'est une preuve qu'elle ne l'est pas.

On pétrit ensuite de la même mine avec de l'eau, on la laisse sécher à l'ombre, et on l'expose à un feu violent pendant quelques heures; si elle prend la consistance de la brique, c'est une preuve qu'elle est argileuse.

Si, en détrempant la mine dans l'eau, elle prend la dureté de la pierre, elle est gypseuse [1]; et si rien de tout cela n'arrive, elle est vitrifiable.

Si l'on présume que la gangue est composée d'argile et de terre calcaire, on l'arrose avec un acide jusqu'à saturation; l'acide fait effervescence avec cette dernière terre, s'unit avec elle, et la terre argileuse reste au fond du vase.

Si on décante l'acide et qu'on le sépare ensuite de la terre calcaire, par le moyen d'un alcali fixe, tel que le sel de tartre,

---

1 On ne connoît pas de mine gypseuse, mais il peut s'en trouver.

etc., on saura dans quelle proportion ces terres sont dans le mélange.

Si la mine est composée d'argile et de terre vitrifiable, on mettra sa poudre dans un vase de verre; on versera de l'eau dessus, que l'on décantera continuellement jusqu'à ce que l'eau ne soit plus teinte : pour lors on sera assuré qu'il n'y a plus d'argile, et que la terre vitrifiable est restée seule.

Si on a eu soin de peser la poudre avant de la laver, on pourra, après leur séparation, connoître la dose de chacune de ces deux terres.

Cet essai ne peut pas se faire en petit comme celui des autres métaux. Cinq à six cents livres de fonte suffisent à peine pour en entrevoir la qualité. Ce n'est qu'après en avoir fondu une assez grande quantité dans un fourneau ordinaire en plein travail, qu'il est possible d'en juger; encore faut-il attendre la troisième coulée, parce qu'alors le fer d'essai n'est plus mêlé avec celui des fontes précédentes. Essai du fer que doit produire une mine.

Si l'on n'a pas de grands fourneaux, on peut en bâtir un dans une cheminée d'affinerie, et y employer les soufflets de la forge.

On donne à ce fourneau à peu près la figure intérieure des grands; mais il suffit que le côté de la tuyère ait huit pouces d'épaisseur; le reste de l'ouvrage doit être en grosses pierres, épaisses de dix-huit pouces. [1]

Cette opération doit être conduite par un fondeur habile; l'expérience m'a appris que sans cela on obtient beaucoup plus de laitier que de fer. Il faut d'abord échauffer le fourneau peu à peu, pour le ménager. Malgré cette précaution, dans l'épreuve qu'on a faite, la mine s'est presque toute vitrifiée le premier jour; ce n'est que quand on a laissé aller les soufflets de toute leur force, c'est-à-dire, vingt-deux fois par minute, que le fer est venu; et l'on a eu un millier de fonte dans trois jours. Si le fond Dix-huitième expérience.

1 On trouve dans le premier volume des Annales des arts, par M. O'Reilly, de nouveaux petits fourneaux anglois à trois soufflets, qui sont préférables.

du creuset, quoiqu'en pierres de grès, ne se fût pas calciné, le fourneau auroit encore duré plusieurs jours. [1]

Essais en petit.

On peut aussi connoître par de petits essais si la mine est riche, ou si elle contient plus de fer qu'une autre. Il faut pour cela la réduire en poudre, la faire rougir dans un creuset avec de la graisse ou du charbon pilé, et la retirer du feu quand elle est rouge, après que la graisse a flambé; si on la laissoit plus long-temps au feu, elle se vitrifieroit. Après le refroidissement on la triture, et on fait avec l'aimant la séparation des parties métalliques d'avec le verre calciné, ayant soin à chaque fois de triturer ce qui reste jusqu'à ce qu'il ne s'attache plus rien à l'aimant.

Dix-neuvième expérience.

Si l'on a pesé la mine avant cette séparation, on pourra connoître à peu près [2] ce qu'elle contenoit de parties métalliques. Un seul essai ne suffit presque jamais, et il ne faut pas être surpris si, après en avoir fait plusieurs sur le mélange des mines même en grand, on n'obtient pas encore un résultat satisfaisant : il faut tâtonner long-temps, non-seulement pour connoître la juste proportion du fondant d'une mine, mais encore les différentes mines avec lesquelles il faut la mêler; car le mélange de plusieurs mines est presque toujours nécessaire : on en mêle quelquefois jusqu'à huit à dix ensemble pour avoir de bon fer. Il y a des mines qui, fondues seules, produisent du fer trop nerveux; d'autres, du fer trop cassant : les unes, pour être trop pauvres en laitier; les autres, pour en contenir trop.

1 En Allemagne les petits fourneaux sont en usage et tolérés mal à propos, parce qu'ils consomment beaucoup de charbon en proportion du fer qu'ils produisent, et qu'ils ne peuvent être alimentés qu'aux dépens des forêts du souverain. Ces fourneaux sont construits à peu près comme ceux à la Catalane, dont on parlera ci-après, avec la différence qu'au lieu de trombes ils sont animés par des soufflets.

2 Les parties qui s'attachent à l'aimant ne sont pas toutes de pur métal; pour peu qu'il en reste d'uni aux parties terreuses, celles-ci suivent le sort de l'attraction, et ce n'est qu'à force de répéter la trituration qu'on peut approcher de la véritable dose du métal.

Ces premiers essais ne suffisent pas pour servir de règle constante; on est toujours obligé, après un certain temps, de chercher d'autres mélanges : il suffit que le filon de la mine change de nature, pour qu'il soit nécessaire d'établir une nouvelle combinaison. Au surplus, les résultats de tous les essais que l'on peut faire ne sont convaincans qu'après que la fonte a été convertie en fer battu, parce que ce n'est qu'en le travaillant qu'on peut en connoître la qualité.

On peut juger de la richesse d'une mine à sa pesanteur, car il est reconnu que la plus pesante est toujours la plus riche : les parties métalliques, quelque défigurées qu'elles soient, étant plus pesantes que les parties vitrifiables, plus les mines en contiennent, plus elles doivent produire de fer.

Les mines pesantes sont plus riches que les autres.

Les mines les plus riches sont aussi les plus difficiles à casser; et celles qui sont à une plus grande profondeur dans la terre, sont reconnues pour les plus pesantes.

## *Géographie des mines.*

[1] Pour désigner les différentes directions des filons, les mineurs divisent l'horizon en vingt-quatre heures; savoir, douze, depuis le nord jusqu'au sud, et douze depuis le sud jusqu'au nord : en sorte que, lorsqu'un filon a son alignement du nord au sud, on dit que ce filon va par les douze heures; si le filon se dirige de l'est à l'ouest, on dit qu'il va par les six heures; la direction du nord-ouest au sud-est se trouve sur la division de neuf heures; celle du nord-est au sud-ouest répond au point de trois heures, et ainsi des autres.

En Allemagne on donne encore d'autres noms à quelques-unes de ces directions.

On appelle un filon qui va par les douze heures, *Stehendgang*;

1 Extrait de Caucrinus.

celui qui va par les six heures, *Spathgang;* celui dont la direction passe par la ligne de neuf heures, *Flachgang;* et celui qui passe par la ligne de trois heures, *Morgengang.*

La boussole des mineurs sert principalement à la recherche de ces directions. Elle comprend, de même que la boussole ordinaire, les quatre points cardinaux; mais elle est divisée en vingt-quatre parties ou heures, avec leurs sous-divisions. On s'en sert de deux manières.

1.° On aligne avec la direction du cordeau la ligne nord et sud, ou une alidade qui lui est parallèle; et l'aiguille indique les heures que le filon suit.

2.° On place la boussole de manière que l'aiguille se trouve constamment sur la ligne nord et sud, et alors c'est l'alidade mobile, dirigée dans l'alignement du cordeau, qui indique les heures.

Cela fait deux espèces de boussole, dans lesquelles les heures sont marquées différemment.

Dans la première, le point cardinal d'ouest est à droite de la ligne nord-sud, et le point d'est à gauche, dans un ordre renversé de la disposition naturelle. Les heures ou divisions sont comptées depuis le nord par le point renversé d'est à midi, et depuis le midi, par le point renversé d'ouest au nord.

Dans la seconde, le point cardinal d'est est dans sa position naturelle, à droite de la ligne nord-sud, et le point d'occident à gauche. Alors les heures ou divisions, marquées dans un ordre opposé au précédent, c'est-à-dire, dans l'ordre naturel, sont comptées depuis le nord par l'est au midi, et depuis le midi, par l'ouest au nord.

Il est facile de se représenter que l'usage de l'une et de l'autre boussole indique la même direction du filon. Pour plus d'intelligence, on ajoute la figure dans laquelle, de l'une et de l'autre manière, les directions de deux filons parallèles, pris pour exemple, passent à l'orient de trois heures.

Planche I.

# CHAPITRE V.

## *Exploitation des mines.*

Les mines en pierres et celles d'apparence métallique, ne se rencontrent que dans les pays de montagne; on les trouve dans les fentes et cavités de rochers, et parmi de la rocaille; elles y forment des filons de différentes épaisseurs.

La direction des filons détermine celle des galeries et des puits que l'on fait pour y parvenir et pour exploiter la mine; ces galeries vont souvent à une très-grande distance, dans les mines où l'on travaille depuis long-temps.

Les galeries et les puits que l'on fait dans la terre, sont soutenus par un coffrage de madriers appliqués contre les terres, et retenus intérieurement par des châssis, dont les bois ont de quatre à six pouces d'équarrissage, selon la poussée des terres : sans cette précaution on s'exposeroit à des éboulemens qui combleroient les galeries et étoufferoient les mineurs.

Il n'est pas toujours nécessaire de faire des coffrages dans les carrières de rocaille [1], et il n'en faut pas dans le roc vif, que l'on brise avec de la poudre ou avec des outils à roqueter.

On se sert de brouettes pour transporter la mine hors des galeries, et on la retire aussi par les puits, dans des caisses ou seaux plus ou moins grands, au moyen d'un treuil horizontal, si l'on se sert d'hommes, et d'un treuil vertical, si l'on emploie un ou deux chevaux pour cette manœuvre. Si la galerie n'est pas longue, un ou deux mineurs avec deux charrieurs suffisent; mais s'il

1 On trouve dans l'ouvrage allemand de Cancrinus tous les détails relatifs à l'exploitation des mines.

y a des puits de communication entre plusieurs galeries, le nombre des ouvriers doit y être proportionné.

## *Préparation des mines.*

On établit des hangars à peu de distance de l'embouchure des galeries de mine en roche ou d'apparence métallique; on les place, autant que cela est possible, dans un endroit un peu enfoncé, afin que leurs lucarnes se trouvent à peu près à la hauteur du sol de la galerie. On prolonge jusques-là la file de poutrelles et de madriers, pour que le charrieur puisse conduire plus aisément sa brouette jusqu'à la lucarne. Il la verse sur une grande table qui tient toute la longueur du hangar, et qui a trois à quatre pieds de largeur : cette table est élevée d'environ quatre pieds au-dessus du sol. Il y a un banc près d'elle pour asseoir les briseurs de mine; ils se placent l'un à côté de l'autre, à la distance de deux pieds, et chacun a devant lui une plaque de fer coulé d'environ un pied en carré, et de deux pouces six lignes d'épaisseur. Ils se servent d'un marteau à deux pointes pour casser la mine en morceaux de la grosseur d'une petite noix, et ils la font couler avec une spatule de bois dans une mesure nommée *bache*, qui est creusée dans un plateau de quatre pouces d'épaisseur. La bache est d'un usage général dans les fonderies pour transporter et mesurer la mine, la castine et le charbon. Les briseurs, en cassant la mine, ont soin d'en séparer les pierres hétérogènes, qu'ils font couler dans une bache particulière destinée à les recevoir.

On peut aussi briser la mine avec de petits martinets, mus par l'eau; ce qui est moins dispendieux, puisqu'une femme ou un enfant suffisent pour servir le marteau.

Planche II. On peut aussi employer les pilons du boccard établi dans les forges, pour écraser le laitier et en séparer le fer; mais on préfère en général de faire le triage près de la minière dans les

hangars, parce que le maître de forge achète ordinairement des mineurs la mine triée, et qu'on économise les frais de transport des pierres hétérogènes : d'ailleurs le martinet et le boccard écrasant la mine, le triage en devient plus difficile.

La mine ne doit pas être cassée en trop petits morceaux, parce que dans le fourneau elle coulerait au travers des charbons. Il y auroit aussi de l'inconvénient à ce que les morceaux fussent trop gros, parce qu'il resteroit entre eux de grands intervalles par où la flamme pourroit parvenir trop facilement au haut de la charge, avant d'avoir agi dans le bas du fourneau. On a dans les forges, pour calibrer les trop gros morceaux de mine, des claies en gros fil de fer, au travers desquelles ils ne peuvent pas passer. Quand la mine est en masses terreuses, on en sépare aussi les pierres hétérogènes : on dira dans la suite les précautions que l'on prend pour empêcher les mines en grains ou en pierrailles de passer au travers des charbons.

## *Purification des mines.*

Les pierres ou terres hétérogènes mêlées avec les mines, pouvant précipiter leur fusion ou la ralentir, il faut nécessairement les en purifier. Les snbstances volatiles, surtout les sulfureuses, nuisent à la réduction des mines, en ce qu'étant un fondant très-actif pour le fer, elles ne laissent pas à la mine le temps de se métalliser entièrement, et il en résulte plus de laitier que de métal.

Lavage des mines.

On lave les mines mêlées avec de la terre non métallique, dans des réservoirs revêtus de madriers; on y dirige de l'eau courante, pendant qu'on promène la mine avec des pelles courbes d'un bout du réservoir à l'autre, jusqu'à ce que l'eau soit claire en sortant. On a imaginé différens lavoirs, dans la vue de faciliter la purification des mines sans en diminuer le produit. Ces lavoirs se nomment patouillets ; il y a aussi, pour le même usage, des égrappoirs qui sont connus dans les forges. Planche I.

On ne lave pas les mines terreuses dont les masses ont peu d'adhérence, parce que l'eau entraîneroit en même temps la terre métallique : ce n'est que par le triage qu'on peut les séparer des pierres hétérogènes ; encore cela ne peut-il se faire qu'imparfaitement.

On a essayé de laver les mines en roche et d'apparence métallique, après les avoir brisées : mais on a reconnu que le lavage en emportoit une couche métallique, que l'on nomme *minette* (qui est sans doute du safran de Mars); et que, par ce procédé, on rendoit la mine réfractaire, au point qu'au lieu de trois coulées par vingt-quatre heures qu'un fourneau produit ordinairement, on n'en obtenoit que deux. Il est indispensable de laver les mines en grains et en pierrailles, sourtout quand elles sont couvertes d'une terre argileuse : il y en a qu'on ne lave pas, par la raison que la terre dont elles sont enveloppées leur sert quelquefois de fondant.

Il faut donc, avant de décider le lavage d'une mine, se bien convaincre qu'on ne lui enlèvera rien de ce qui est nécessaire à sa fusion, et qu'on ne diminuera point son produit.

## *Grillage des mines.*

On grille les mines sulfureuses ou arsenicales jusqu'à ce qu'elles ne répandent plus, les unes, l'odeur du soufre, et les autres, celle de l'ail : pour s'en assurer, on en jette une pincée sur de la braise, et on en respire la vapeur.

Il y a des auteurs qui prétendent qu'il faudroit griller toutes les mines, ainsi que cela se pratique dans la plus grande partie de l'Allemagne, quoiqu'on y en trouve beaucoup qui sont déjà très-rapprochées de l'état métallique, plusieurs d'elles étant même attirables. [1]

1. Voyez le chapitre des *Substances nuisibles au fer*, page 13.

Il ne faut pas pousser le grillage trop loin, parce qu'il pourroit en résulter le commencement de la vitrification d'une partie de la terre métallique.

Pour griller les mines, on fait des monceaux composés de couches de bois ou de charbon, et de mine concassée. On laisse durer le feu pendant le temps nécessaire à l'évaporation du soufre ou de l'arsenic, ce qui peut aller jusqu'à huit jours. On se sert de bois sec pour le grillage, et l'on préfère celui de sapin. Le temps que le grillage doit durer étant connu, on règle la quantité de bois ou de charbon nécessaire pour une cuite, afin que le chauffeur ne fasse pas durer le feu trop long-temps. Il y a des forges où, sur un terrain ferme et d'un espace de six pieds en carré, on met d'abord une couche de branchages, sur lesquels on en répand une légère de charbon, pour servir d'amorce au bûcher. C'est sur ce charbon que l'on arrange la première couche de mine. On la couvre avec un lit de bois sur lequel on met une seconde couche de mine, et ainsi de suite, en stratifiant en forme de pyramide le bois et la mine, jusqu'à la hauteur de sept à huit pieds. On couvre le tout avec de la terre et de la pierraille tirées l'une et l'autre de la minière, et contenant par conséquent beaucoup de débris de mine. On allume ensuite le feu, et on le laisse brûler le temps convenu.

En Suède, on creuse une fosse de huit à dix pieds en quarré, que l'on entoure d'un mur; on la remplit de grosses bûches jusqu'à la hauteur de six à sept pieds; on verse la mine sur ce bûcher, en commençant par les plus gros morceaux, et on la couvre de scories de forge mêlées avec de la terre de mine.

*A Allevard en Dauphiné*, on la grille dans un puits de douze pieds de profondeur et de huit de diamètre, dans lequel on stratifie le bois et la mine; le feu dure huit jours.

On croit utile, dans bien des endroits, de mettre la mine en tas après le grillage ou rôtissage, et de la laisser ainsi exposée à l'air pendant un an, pour évaporer les substances volatiles que

le feu a dégagées de la mine, et que l'eau de pluie achève d'entraîner.

En Autriche, on brise la mine, on en fait des tas, que l'on arrose avec de l'eau, et qu'on laisse exposés à l'air pendant deux ans.

En Styrie, il y a des fourneaux pour cet usage qui ont une grille et un cendrier. [1]

A Eisenartz, on ne rôtit pas la mine, quoiqu'elle soit sulfureuse; on suppose que l'évaporation peut s'en faire pendant la fusion, le haut du fourneau étant plus évasé qu'ailleurs. Peut-être pourroit-on économiser le grillage dans beaucoup d'endroits où on le croit utile d'après d'anciens préjugés.

On grille aussi les mines d'apparence métallique, quoiqu'elles ne contiennent pas de substances nuisibles au fer; c'est pour pouvoir les briser plus facilement. Mais alors on ne laisse pas durer le feu aussi long-temps que pour le grillage ordinaire : l'expérience apprend jusqu'à quel degré il faut les chauffer pour les rendre cassantes.

Quant aux mines en roche, on se contente de les mettre en tas et de les couvrir de braise pour les casser; mais dans les pays où le bois est rare, il faut combiner la dépense du bois avec celle de la main-d'œuvre, que le feu économise.

Le grillage ne suffit pas toujours pour dégager les substances nuisibles au fer; on est obligé dans certains endroits de griller la fonte même à plusieurs reprises, pour rendre le fer battu traitable. [2]

Effet du grillage. Le grillage rend la mine attirable tant par le commencement

1. On trouve dans les Voyages métallurgiques de Jars le dessin de ces fourneaux.

2. La fonte de Styrie et celle de Carinthie, dont on fait le meilleur fer connu, doit être rôtie pendant seize heures quand on en veut faire du fer battu; mais elle n'exige aucun préparatif si elle est destinée pour de l'acier, peut-être par la raison qu'il ne faut qu'une heure et demie pour le convertir en fer, et qu'il en faut cinq pour en faire de l'acier.

de réduction opérée par le charbon, que parce que le feu, en la subdivisant, laisse aux parties métalliques la liberté de se séparer des parties terreuses et de céder à l'attraction.

Approvisionnement en mine.

On est obligé de faire d'avance des amas de mines, surtout de celles qui contiennent des substances volatiles, afin qu'elles restent exposées à l'air le plus long-temps possible avant d'être employées.

Il est aussi très-essentiel de ne mettre le fourneau en feu que quand on est assuré de ne pas manquer de provisions pour tout le fondage [1]. Il faut, surtout à l'entrée de l'hiver, en avoir au moins pour trois mois, les mauvais temps pouvant interrompre les charrois et la fabrication du charbon, ce qui obligeroit à laisser éteindre le feu, ou à changer le mélange reconnu pour le meilleur.

Si l'on a des mines de différentes natures, il faut en faire des tas séparés pour pouvoir les mêler selon la proportion adoptée.

Préparation de la castine.

On convertit quelques pierres en chaux en les exposant à un feu violent, pour distinguer la rocaille qui peut y être incrustée, et pouvoir l'en séparer. La castine se brise de la même grosseur que la mine préparée pour être fondue.

Fusion des mines.

On fait fondre les mines dans un fourneau destiné à cet usage, avec du charbon de bois ou de terre, après avoir fait subir à celui-ci une préparation dont on parlera dans la suite.

Le charbon par sa chaleur et sa vertu opère la fusion et la réduction de la mine, et vitrifie en même temps les parties terreuses. Le métal et le verre descendent ensemble au travers des charbons, et se réunissent dans le creuset, en prenant entre eux la place que leur assigne leur pesanteur spécifique; le verre surnage le fer. Mais cette séparation ne se fait pas plus complétement que celles de quelques liquides de pesanteur inégale; il reste toujours du verre mêlé avec les parties métalliques.

1. On appelle *un fondage*, le temps qu'un fourneau reste en feu sans être mis hors de service.

Distinction du laitier et des scories du fer.

On donne à ce verre le nom de *laitier*, au lieu de celui de scories en usage pour désigner les verres des autres métaux. Ce mot de scories ou *battitures* est consacré, dans le traitement du fer, à la croûte qui se forme à sa surface quand on le fait rougir.

Ces scories sont composées de fer et de laitier calciné, et se nomment *scories métalliques* (celles qui tombent autour des enclumes dans le travail du fer, sont de même nature) : sur seize onces de ces scories, il y en a quatorze attirables à l'aimant.

Le résidu noir et terreux qui reste après en avoir attiré les parties métalliques, ainsi que le mâche-fer des maréchaux, et toutes les crasses produites par la calcination du fer et du laitier, qui ne sont pas attirables, se nomment scories non métalliques.

## CHAPITRE VI.

### *Construction d'un fourneau à fondre la mine de fer.*

On construit les fourneaux à portée de l'endroit d'où l'on tire la mine, et des forêts où se fait le charbon. Il faut aussi qu'il soit sur un courant d'eau suffisant pour le mouvement de la roue des soufflets, et de celles des autres machines d'une forge. On doit observer en même temps si l'eau ne tarit pas dans certains temps de l'année, et, si dans ce cas, l'on pourra y suppléer par un réservoir, qui est toujours nécessaire quand le courant ne fournit pas en tout temps le volume d'eau suffisant. Il faut aussi que le fourneau soit bâti sur un terrain élevé et au-dessus des grandes eaux.

Son intérieur est construit dans le milieu d'un massif de maçonnerie assez épais pour résister à la violente chaleur qu'il doit éprouver. On pratique, sur le devant du massif, une ouverture voûtée; il en faut une aussi du côté des soufflets : le choix de ce côté est déterminé par la direction du courant de l'eau. Planche III.

Le massif se construit en moellons, mais les angles sont soutenus par de grosses pierres de taille. On conserve dans son milieu la place de l'intérieur du fourneau, qui ne se construit que quand le massif est bien sec.

Entre l'intérieur et le massif on pratique un mur de pierre qui résiste au feu, et qu'on nomme *faux parois*; on le renouvelle presque toutes les fois qu'on rétablit l'intérieur. Pl. IV et V.

On pratique ordinairement, dans l'épaisseur du devant du massif, un tuyau de cheminée, pour donner passage à la fumée et aux bluettes, qui sans cela incommoderoient les ouvriers. Il y a des endroits où l'on ne conserve pas ce vide, qui affaiblit

le devant du massif; on le remplace par une cheminée en tôle, que l'on y applique extérieurement. Cette cheminée a deux pieds d'ouverture, six pieds de largeur et quatorze de hauteur. On garantit le fourneau de l'humidité, en pratiquant autour de la base du massif une galerie souterraine, voûtée et cimentée, pour recevoir l'eau et la dégorger au loin : le fond de cette galerie doit être au niveau des fondations.

On construit aussi dans la même vue, sous le centre du fourneau ou creuset, un puits voûté, d'un pied de largeur et de profondeur, et de deux pieds de longueur. Ce puits reçoit, du côté des soufflets, l'eau qui se rassemble, dans un conduit en briques de six pouces d'équarrissage, que l'on pratique autour des quatre faces du fourneau extérieurement, et dont le fond est à sept à huit pouces au-dessus de celui du puits.

On construit trois autres petits conduits ou dégorgeoirs en dessus du niveau de la voûte du puits, qui sont destinés à recevoir les vapeurs : il y en a deux dirigés des angles de cette voûte aux angles intérieurs du devant du massif; le troisième l'est au coin de la voûte des soufflets. Ces conduits, qui n'ont aucune communication avec le puits, n'ont que la largeur et la hauteur d'une brique; ils sont terminés par une buse de soufflets, d'où s'échappe la vapeur. Ils sont reconstruits, ainsi que ceux qui servent à l'écoulement des eaux, toutes les fois qu'on renouvelle l'intérieur du fourneau.

Le premier feu, réduisant en vapeurs l'humidité de la maçonnerie, fait crevasser le massif, qui courroit risque de s'écrouler, surtout dans les angles, si on ne le contenoit avec des châssis en charpente, placés à différentes hauteurs, et soutenus par des corbeaux de pierre logés dans la maçonnerie. Le massif est encore mieux contenu quand, au lieu de châssis, il est traversé à différentes hauteurs par des barres de fer percées à chaque bout pour recevoir de grandes clavettes aussi de fer. Cependant, malgré cette précaution, le massif se fend plus ou moins aux

premières chaleurs qu'il éprouve : mais il peut durer long-temps, quoiqu'avec ces crevasses.

On a cru y remédier en établissant des communications dans l'épaisseur de la maçonnerie, pour donner passage aux vapeurs, qui sont la seule cause de ces crevasses. Pour cela, lors de la construction du massif, on loge dans la maçonnerie des bâtons ou de gros cordages, que l'on retire quand le mortier a pris de la consistance. On a aussi essayé, pour cette communication, des tuyaux de tôle à demeure ; mais aucun de ces moyens n'a réussi à empêcher les crevasses.

Figure intérieure des fourneaux.

La figure intérieure des fourneaux n'est pas la même dans tous les pays : les uns sont carrés, les autres ronds ou à pans (la forme carrée est cependant la plus généralement adoptée en France); mais leurs principales parties intérieures sont partout semblables. Il y en a quatre. Le haut du fourneau, nommé cheminée, reçoit les matières à fondre et le charbon. Le milieu, à peu près, de la hauteur se nomme le *ventre*, qui est sa partie la plus large; c'est où la digestion se fait. Cette partie se réunit à la cheminée, par quatre plans inclinés, dans les fourneaux carrés, et par une surface conique, dans ceux qui sont ronds. Le ventre se réunit de même à la partie inférieure, qu'on nomme *l'ouvrage*, par des plans inclinés ou une surface conique. Ces plans se nomment *bosses* ou *étalages*.

L'ouvrage est toujours formé par quatre plans inclinés, qui, partant des étalages, aboutissent au fond du creuset, où les matières fondues se rassemblent.

Construction du fourneau.

Les pierres dont le fourneau est revêtu intérieurement, doivent être de nature à résister à une chaleur violente : on y emploie ordinairement des pierres de grès, et, à leur défaut, des briques réfractaires, ou enfin des pierres calcaires, qui ne peuvent guères servir que pour les mines chaudes. On lie les pierres avec du mortier, et les briques avec de l'argile mêlée de sable.

Si dans les environs de la forge il n'y a pas de carrières qui puissent fournir de bonnes pierres, il ne faut pas épargner la dépense d'en faire venir de loin, y ayant beaucoup d'économie à conserver le fourneau en feu le plus long-temps possible.

Le foyer supérieur.

La plus grande largeur du fourneau est à la naissance des étalages; elle est ordinairement de quatre pieds, et se nomme le *foyer supérieur.*

Les étalages.

Le grand écartement des étalages est déterminé par l'inclinaison qu'on leur donne: elle est d'autant plus forte que la mine est plus difficile à fondre, et cela par la raison qu'en descendant lentement, la mine est plus de temps à parvenir à l'ouvrage où se fait la fusion; mais il ne faut pas trop les incliner, de crainte que les matières ne s'y arrêtent plus qu'il n'est nécessaire, qu'elles ne tombent en masses dans l'ouvrage, et n'arrivent dans le creuset avant d'avoir acquis le degré de chaleur nécessaire.

On construit les étalages en pierres de grès, en briques, en poudre de briques, ou en sable gras, bien battu, dans lequel on mêle de petits morceaux de grès; mais le sable ne dure pas long-temps; il vaut mieux y employer du grès ou des briques.

La charge.

Le reste de la hauteur, qui se nomme la *charge* ou la cheminée, est terminé par un orifice, qu'on appelle le *guide-hors* ou le *gueulard.* On donne aussi ce nom à une plaque de fer coulé qui garnit et garantit la maçonnerie du tour de l'orifice.

Le gueulard.

Les batailles.

On élève un mur sur chacune des faces du massif; ces murs, qu'on nomme les *batailles*, ont sept à huit pieds de hauteur; ils sont recouverts par un toit de charpente, destiné à empêcher l'air d'emporter les matières que le vent des soufflets soulève quelquefois hors du gueulard. Ce toit est ouvert dans le milieu pour donner passage à la flamme.

Noms des faces du creuset.

Les faces intérieures du creuset ont des noms qui désignent leur position. Le devant se nomme le côté de la *timpe*; celui des soufflets, le côté de *tuyère;* la face opposée, le *contrevent*, et le derrière, la *rustine.*

Les deux pierres qui forment les côtés de tuyère et de contrevent, se nomment les *costières*; celle qui est sur le devant et qui porte sur les costières, se nomme la pierre de timpe.

On laisse dans le côté de tuyère une ouverture pour les soufflets. Sa distance au-dessus du fond du creuset, varie depuis treize jusqu'à vingt-deux pouces; elle est déterminée par l'espèce et la qualité de la mine que l'on a à fondre; plus la mine produit de laitier, plus il faut l'élever.

La largeur de cette ouverture est de quatre à cinq pouces, et sa hauteur de quatre pouces : on en diminue ensuite les dimensions à volonté avec de l'argile.

Son emplacement doit être plus près de la rustine que de la timpe, par la raison que plus la distance de la tuyère à la rustine est courte, moins ce côté du creuset s'embarrasse. En Allemagne, cette distance se nomme la petite *werme*, du mot *wærmen*, chauffer, et celle de la tuyère à la timpe, la grande *werme*.

On mure le cintre de la voûte du devant du fourneau, en laissant, entre le fond du creuset et la pierre de timpe, une ouverture, que l'on bouche ensuite en partie avec un parallélipipède de grès ou de fer battu, que l'on nomme *dame;* mais comme la dame de fer est sujette à se fondre, on préfère la pierre. Si elle est de fer, on la contient par un contrefort en briques, terminé en talus.

On place sur ce talus deux barres de fer prismatiques, nommées *gentilshommes*, qui ont environ cinq pieds de longueur, quatre à cinq pouces de largeur, et trois pouces d'épaisseur à l'arête; et on les assujettit avec du sable bien damé. Si la dame est de grès, on forme ce contrefort avec de la même pierre, liée par du mortier fait de poudre de briques.

Il reste à un des bouts de la dame, pour l'écoulement du fer, un intervalle nommé le pertuis, que l'on bouche ensuite avec un mélange de sable et de poussier de charbon, humecté et bien damé. Le pertuis.

Le pertuis, ou la percée, a cinq à six pouces de largeur; il est du côté du contrevent, et de niveau avec le fond du creuset. Il reste entre le dessus de la dame et le dessous de la timpe un intervalle pour le passage des outils qui servent à manœuvrer dans le creuset. Le dessous de la timpe est garni d'une barre de fer d'environ quatre pouces d'épaisseur, et de deux pieds six pouces de longueur, dont les bouts sont logés dans la maçonnerie; cette barre doit affleurer le dessous de la timpe. Le devant de cette pierre est garni par deux plaques de fer de fonte, soutenues à différentes hauteurs par deux barres nommées marâtes, logées dans la maçonnerie des deux faces collatérales.

Les marâtes. La voûte des soufflets est aussi renforcée par deux plaques de fer soutenues par des *marâtes*.

Les deux côtés de la porte du fourneau le sont par deux

Les boustas. *boustas* ou gros montans de fer, dont le pied est logé dans la fondation du fourneau, et qui sont soutenus en haut par la première marâte; ils servent, ainsi que la plaque de timpe, de point d'appui aux outils avec lesquels on travaille dans le creuset.

Il est nécessaire de renouveler l'ouvrage quand on a fondu plusieurs mois de suite: un fourneau qui résiste à un fondage de douze à quinze [1] mois et au-delà, a dû être bâti avec de bonnes pierres; il y en a cependant qui sont hors de service après trois ou quatre mois, surtout quand la mine est difficile à fondre, et qu'il faut beaucoup souffler.

Les soufflets. Il y a à chaque fourneau deux soufflets qui vont alternativement, afin que le vent soit continuel. Ils sont en bois dans beaucoup de forges, surtout en Allemagne; ils durent plus long-temps que ceux de cuir, mais leurs planches sont sujettes à se rétrécir et à être tourmentées par la pression du vent. En France on préfère les soufflets de cuir, mais on les fait de

1. Il y en a en Allemagne qui durent au-delà de deux ans.

deux peaux appliquées l'une sur l'autre, pour perdre moins de vent[1].

Les soufflets [2] ont depuis quatorze jusqu'à dix-sept pieds de longueur; ils sont posés à côté l'un de l'autre et inclinés de quatre à cinq pouces vers le fourneau; leurs têtes se touchent, et par derrière ils sont espacés de neuf à dix pouces. La direction du vent dans le creuset, n'a de règle que la routine du fondeur, que les maîtres de forges se gardent bien de contrarier.

Les tuyères des soufflets ont ordinairement dix-huit lignes de diamètre au petit bout : elles sont supportées par une plaque de fer coulé, dont le bord intérieur est à trois pouces du creuset, et leurs bouts sont à environ un pouce l'un de l'autre, afin que les deux vents se croisent. Les buses des soufflets sont à six ou sept pouces du bout de leur tuyère. Il est d'usage de les diriger, l'un à six pouces du coin de la rustine, et l'autre à la même distance du coin de la timpe : le fondeur change ensuite cette direction, selon qu'il le croit nécessaire.

Le vent est indispensable pour fondre la mine; il développe l'action du feu en l'agitant, et influe essentiellement sur la digestion du fourneau : s'il est bien dirigé et bien ménagé, il contribue à la bonne fusion de la mine, sans nuire à la durée de l'ouvrage.

## *Observations sur les fourneaux à fondre le canon.*

Les dimensions intérieures des fourneaux où l'on fond du canon de trente-six, sont plus fortes que celles que l'on va donner ci-après, et celles pour les calibres inférieurs à dix-huit, plus foibles.

Il faut deux fourneaux, contenant chacun 5000 livres de fonte

---

1. On se sert de trombes à eau en place de soufflets, surtout dans les provinces méridionales de la France. On en trouve la description dans les *Cahiers des arts*, dans l'*Encyclopédie*, et ci-après dans le *Travail du fer à la catalanne*. Trombes.

2. Voyez leur construction, planche IX.



pour un canon de trente-six, 4000 livres au moins pour un de vingt-quatre, et moins pour celui de dix-huit.

Un fourneau suffit pour les calibres inférieurs.

NB. Il y a de ces fourneaux dont l'intérieur est arrondi : le foyer supérieur, nommé *cuve,* a cinq pieds de diamètre, et celui du gueulard, la moitié.

La cheminée, qui communique au foyer supérieur, a pour base des briques de fer coulé, posées circulairement.

### *Dimensions d'un fourneau à fondre du canon de vingt-quatre et dix-huit.*

| | | Pieds. | Pouces. |
|---|---|---|---|
| Équarrissage du massif | à la base | 24 | » |
| | à la hauteur de la plate-forme | 20 | » |
| Hauteur du massif jusqu'à la plate-forme | | 18 | 6 |
| Largeur du creuset | | 1 | 7 |
| Hauteur de l'ouvrage depuis le fond du creuset | | 6 | » |
| Ouverture des étalages | de la rustine à la timpe | 2 | 4 |
| | du côté de tuyère au contre-vent | 2 | » |
| Hauteur verticale des étalages | | 4 | » |
| Au foyer supérieur ou à l'extrémité des étalages, équarrissage | | 5 | 6 |
| Du foyer supérieur au gueulard | | 11 | 6 |
| Équarrissage du gueulard | de la rustine à la timpe | 2 | 4 |
| | de la tuyère au contre-vent | 2 | » |

NB. Ses angles doivent correspondre à ceux des étalages; son centre est placé verticalement au-dessus de celui du creuset.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hauteur du guide-hors, au-dessus de la plate-forme | | 3 | » |

Les batailles sont ordinairement de la hauteur du guide-hors.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Largeur de la plate-forme entre les batailles et le guide-hors | | 3 | 6 |

| | Pieds. | Pouces. |
|---|---|---|
| Hauteur de la tuyère au-dessus du fond du creuset... | 1 | 9 |
| Si la fonte produisoit moins de laitier, il suffiroit de lui donner .................................... | 1 | 6 |
| Hauteur de l'ouverture au-dessus de la timpe ....... | 1 | 9 |
| Dimensions de la timpe de fer, en largeur ........... | 2 | » |
| Dimensions de la timpe de fer, en épaisseur ......... | » | 4 |
| Dimensions de la timpe de fer, en longueur ......... | 2 | 7 |
| Distance de son côté extérieur au côté intérieur de la pierre de timpe .................................... | 2 | 1 |
| Dimensions de la dame de fer longueur.............. | 1 | 9 |
| Dimensions de la dame de fer hauteur arrondie en dessus | 1 | 5 |
| Dimensions de la dame de fer épaisseur.............. | 1 | 6 |
| Distance de la rustine à la dame ................. | 4 | 4 |
| Longueur du creuset, depuis la rustine jusqu'au dehors de la timpe.................................... | 4 | 1 |

*Détail de la construction d'un fourneau.*

On construit le massif d'un fourneau avant de travailler à son intérieur, et on le laisse reposer un an, si on en a le temps; il faudroit même le bâtir à trois reprises, afin que la maçonnerie se séchât peu à peu. On établit le fond du creuset sur la voûte du puits, après l'avoir couverte de sable bien damé jusqu'au niveau de la sommité de son cintre. Le fond doit être d'une seule pierre posée de niveau.

On trace les faces du creuset par le moyen de son centre, qui doit répondre d'aplomb à celui du gueulard ; on pose la première assise de trois de ses côtés : la rustine ne s'établit qu'après les deux costières, pour lesquelles on choisit les plus grandes pierres possibles. Il faut avoir attention de poser toutes les pierres sur leur lit de carrière.

On réunit les pierres avec de l'argile mêlée de sable, et on n'emploie du mortier dans l'intérieur du fourneau que quand on est forcé de le construire en pierre calcaire.

On remplit l'intervalle qui reste entre les pierres et les fausses parois avec du sable bien battu, dans lequel on méle des débris de l'ancien ouvrage.

On creuse sur le dessus de la pierre de tuyère, le logement de la plaque où la buse des soufflets doit poser.

Plaque de tuyère.

Cette plaque a un pouce d'épaisseur et quinze pouces de longueur; sa largeur est de dix-huit pouces par derrière, et de quatre pouces six lignes par devant.

La seconde assise commence par la pierre de tuyère, dans laquelle on creuse la naissance de la voûte des soufflets. On pose ensuite la costière du contre-vent, puis la rustine. On continue à élever l'ouvrage jusqu'à la naissance des étalages, en laissant toujours le devant du creuset ouvert pour le passage des matériaux.

Le mur qui doit fermer cette ouverture, a pour base la pierre de timpe, qui est portée par les costières de la première assise.

La timpe de fer, les marates, et les autres ferrures, se placent à mesure que la maçonnerie s'élève.

On donne aux étalages et à la cheminée la forme qu'ils doivent avoir intérieurement, au moyen de deux châssis de bois ou de fer, dont l'un se place au guide-hors et l'autre au foyer supérieur, et dont les angles se correspondent. Il y a dans ces châssis des trous semblablement placés, dans lesquels on passe de petits cordages qui dirigent la construction de la maçonnerie de l'intérieur du fourneau. Le grand châssis, s'il est de fer, est assemblé par quatre vis qui servent à le démonter quand on s'en est servi.

On lie les carreaux de grès ou les briques, avec de l'argile mêlée de sable; on se sert de mortier pour la pierre calcaire, et on donne à cette pierre deux pieds et demi de queue; c'est assez d'un pied pour les carreaux de grès.

# CHAPITRE VII.

## *Des ouvriers employés aux fourneaux.*

Il faut, dans les grands établissemens, un principal fondeur qui dirige la construction des fourneaux et qui inspecte les fondeurs ordinaires; mais pour un seul fourneau il suffit d'avoir :

Un maître fondeur et son second;

Un maître chargeur et son second;

Un arqueur, pour remplir les *respes* ou corbeilles de charbon;

Un briseur de mine et de castine, quand les mines sont en roche;

Un boquier ou boqueur, qui enlève le laitier;

Et un nombre de manœuvres pour les besoins des fourneaux.

Fonctions des ouvriers.

Les fondeurs dirigent la construction intérieure des fourneaux; ils ont la conduite de la fonte, l'inspection sur les autres ouvriers, et veillent alternativement sur le fourneau. Ce sont eux qui brassent le fer dans le creuset, et qui règlent le mouvement des soufflets. Ils surveillent le chargeur; et c'est enfin d'eux que dépendent les manœuvres.

Les chargeurs se relèvent, de même que les fondeurs; ils ont soin de toujours charger le fourneau également et à mesure que les matières baissent.

Les charges se font de deux heures en deux heures; mais pour mieux en fixer le moment, le chargeur a une espèce de fléau de fer, nommé *sonde* ou *bécasse,* dont le battant est de trois pieds de longueur, c'est-à-dire à peu près égal à la profondeur de l'affaissement qui se fait dans le fourneau pendant ce temps.

On assujettit le chargeur à sonner une cloche toutes les fois qu'il va charger, ou à frapper sur une plaque de fer coulé un

nombre de coups qui annonce la quantième charge, afin que les ouvriers qui doivent manœuvrer lors de la coulée, se rendent au fourneau.

Dans les fourneaux à canon on rassemble plus tôt les ouvriers que dans les fourneaux ordinaires, pour leur donner le temps de retirer le canon fondu précédemment, et de s'occuper des autres manœuvres. [1]

L'arqueur.

*L'arqueur* est chargé de remplir les mesures de charbon et de les mettre à portée du chargeur.

La charge.

Une charge est composée d'un certain nombre de mesures de charbon, de mine et de castine [2] : comme il est essentiel qu'il y en ait le même nombre à chaque charge, et que l'ouvrier pourroit en oublier, on exige qu'il ait un tableau d'ardoise, ou de bois peint en noir, divisé sur sa hauteur en autant de cases qu'il faut de charges dans le fourneau pour fournir à une fonte. Il y marque les mesures de chaque espèce de mine, celles de charbon et celles de castine de chaque charge. Il y a dans les cases une colonne particulière pour chacune de ces matières : au moyen de cette précaution, on est assuré que le chargeur ne peut pas se tromper.

Si, après avoir versé les matières dans le fourneau, le chargeur s'aperçoit que la flamme ne pénètre pas dans certains endroits, il a soin de leur donner du jour avec un petit ringard.

Le briseur de mine.

*Le briseur de mine* et de castine n'en fait que le triage : dans les forges où on se sert d'un gros marteau pour casser la mine et la castine, il suffit, comme on l'a dit, d'une femme ou d'un enfant pour fournir les pierres sous le marteau. On peut se passer de cet ouvrier quand les mineurs fournissent la mine cassée et triée.

1. Il faut huit heures pour placer le moule dans la euve et pour l'enterrer. Dans les fourneaux à l'angloise, où l'on coule le canon dans un moule de fer coulé, il en faut beaucoup moins, parce qu'il n'y a point d'enterrage.

2 Ou d'herbue, si la mine est calcaire.

*Le boquier* veille sur le devant du fourneau, retire le laitier qui s'en écoule, prépare la terre pour plaquer le trou de la tuyère, quand il se dégrade, et entretient la fluidité du laitier en y jetant du frasil. Pour éloigner le laitier du fourneau, on peut faciliter la manœuvre du boquier au moyen d'un treuil établi en dehors et en face du fourneau, et d'un grand crochet de fer lié à un bout de chaîne attaché au cordage du treuil. Le boquier.

Il y a des recuiseurs dans les forges pour amonceler tous les soirs les crasses qu'on retire du creuset en travaillant le fer, afin d'en extraire les parties métalliques. On ne les sépare pas des charbons qui s'y attachent, parce qu'ils y entretiennent le feu pendant la nuit et les disposent à se briser plus facilement sous le marteau ou au bocard. On nomme ces crasses *laitier de hallage*, pour les distinguer du laitier qui s'écoule de lui-même ou qui ne contient point de fer. Quand ces crasses sont brisées, les maîtres de forges les font refondre en les mêlant dans les charges; mais dans les établissemens où l'on fond du canon, il est défendu d'en employer, parce qu'elles aigrissent la fonte et deviennent des corps hétérogènes et dangereux dans un canon, par la raison que ce fer ne se fond jamais aussi complétement que la mine. Recuiseurs.

## *Des outils d'un fourneau.*

Il y a à chaque fourneau dix à douze *ringards*, cinq à six *couars*, des crochets, deux ou trois *stoucars*, et deux plaquoires. Planche III.

Les *ringards* sont des barres de fer rond, de deux pouces de diamètre, et depuis douze jusqu'à dix-huit pieds de longueur; ils servent à remuer le métal dans le creuset; leur bout est aplati, parce qu'on s'en sert pour faire tomber les scories qui s'attachent dans ses angles.

Le *couar* est un crochet de fer emmanché, dont le bout est aplati sur la longueur de douze à seize pouces; il est coudé à

six ou huit pouces de son extrémité, où il a quatre pouces de largeur et un pouce d'épaisseur : quand le premier coude se casse, on en forme un nouveau avec ce qui reste d'aplati.

Le *couar* sert à écumer les crasses rassemblées à la surface du métal, et à les retirer du creuset.

Les *crochets* sont emmanchés; ils ont huit à dix lignes d'équarrissage, à huit pans, et servent à éloigner le laitier du fourneau.

Le *stoucar* est un petit crochet dont on se sert pour débarrasser le trou de tuyère des scories et du fer qui s'y attachent.

La *plaquoire* est une petite spatule de fer avec laquelle le fondeur met de la terre autour du trou de la tuyère, pour entretenir toujours la même ouverture.

## *Des mesures en usage dans les fourneaux.*

Les mesures ne sont pas égales partout, mais leur capacité est telle qu'un homme peut les porter facilement étant remplies de matières.

Mesure de la mine et de la castine.

La mine et la castine se mesurent avec les baches. Ce sont, comme on l'a déjà dit, des auges creusées dans un plateau de huit pouces d'épaisseur et de deux pieds de longueur. Ces mesures se font aussi en tôle épaisse, et on les préfère, parce qu'elles sont plus faciles à arraser, et qu'elles durent plus long-temps. La bache contient environ un boisseau de Paris.

La mesure où l'on porte le charbon, se nomme *respe* ou resse; c'est un van d'osier, qui en contient depuis trente jusqu'à cinquante livres.

Au reste, chaque pays a une mesure particulière pour le charbon : voici un usage local d'Alsace.

On le mesure dans des cuveaux de bois dont dix font la banne.

| | | Pieds. | Pouces. |
|---|---|---|---|
| Dimensions du cuveau | Hauteur ............... | 2 | 5 |
| | Diamètre, aux extrémités | 3 | 1 |
| | Diamètre, au milieu .... | 3 | 5 |

Le cuveau se divise en sept *resses*.

Il faut sept cordes de bois de trois pieds de longueur et de trente-deux pieds de surface pour une banne de charbon; quand le bois est de quartier et que les bûches ne sont pas mêlées de rondins, il n'en faut que six cordes. Calcul local.

En France la banne contient en général vingt mesures nommées *poinçons*.

Le poinçon a vingt pouces de diamètre et vingt-huit de hauteur.

La banne composée de charbon de chêne, de hêtre et de charme, pèse environ 1600 livres : celle qui n'est que de chêne, en pèse 2560.

Ces calculs sont locaux, mais il suffit d'avoir une estimation moyenne.

Le charbon d'épine blanche est sans doute le meilleur, mais il est très-rare. Qualité du charbon.

C'est de celui de hêtre, de charme, d'orme ou de chêne que l'on fait usage pour fondre la mine; il faut que le bois ne soit ni trop vieux ni gâté.

Les bois blancs ont trop peu d'ardeur; cependant le sapin est employé de préférence pour l'affinage, parce qu'il fond le fer avec plus de lenteur, et le purifie mieux de son laitier surabondant. Les maréchaux l'emploient aussi faute d'autre, mais ils ne font pas usage des autres bois blancs.

NB. Il faut avoir attention de ne pas enfermer le charbon mouillé, parce qu'il perdroit de sa qualité dans le magasin.

Le charbon de terre sert aussi à fondre la mine; les Anglois surtout en font usage : mais il faut qu'il ait été brûlé auparavant, comme on brûle le bois pour en faire du charbon; il prend alors le nom de *coaks*. Charbon de terre.

Cet usage a été établi en France à la forge du creuset près Montcenis en Bourgogne, pour l'usage de la marine; mais d'après les productions de cet établissement, où la qualité du charbon est peut-être moins bonne que celle du charbon d'Angleterre, on fera toujours mieux de faire usage de charbon de bois pour fondre la mine, et de laisser aux maréchaux le charbon de pierre.

Le charbon de terre doit être d'un beau noir, luisant et sans écailles d'ardoises ou terreuses; celui où l'on aperçoit des couleurs gorge-de-pigeon luisantes, contient trop de soufre. Il ne doit être ni trop pesant ni trop léger à la main.

Le meilleur charbon d'une mine est celui du milieu de l'épaisseur du banc; celui du dessus est trop terreux, et celui du bas est altéré par l'eau dans laquelle il a croupi.

Cependant on ne peut juger de la qualité du charbon qu'après l'avoir employé; il doit n'être pas trop ardent, et donner peu de crasse, selon l'expression des ouvriers.

Il faut tenir le charbon de terre dans un magasin qui ne soit ni trop humide ni trop aéré; il se corrompt dans le premier, et dans l'autre il s'évente. Quelque bien à couvert qu'il soit, il dépérit au bout de deux ans. Si l'on est obligé de le tenir à l'air, il faut le garantir du soleil en le couvrant de planches.

Le charbon d'Angleterre est reconnu pour le meilleur de ceux dont on fait usage en France ; il remplit toutes les conditions du bon charbon : il est léger au feu et chauffe bien, sans aigrir le fer; il laisse en même temps peu de crasse.

Celui de Valenciennes approche beaucoup de la qualité de celui d'Angleterre, mais il est plus crasseux.

Celui de Béfort en Alsace seroit très-bon s'il n'étoit pas si ardent.

Celui de Nassau-Saarbrük, dont on se sert communément en Alsace, est le meilleur de ceux connus dans cette province : il donne un feu large; il est léger au feu, mais se consume plus vîte que ceux qu'on vient de citer.

*De la charge des fourneaux.*

Avant de mettre le feu à un fourneau, il faut rassembler des matières au moins pour trois mois, et si c'est dans une fonderie à canon, il faut en avoir pour tout le fondage.

On prépare le fourneau à recevoir les matières en l'échauffant progressivement; sans cela les premières charges s'attacheroient aux parois et ne couleroient pas. Pour cela, on couvre le fond du creuset d'environ deux pouces de frasil ou poussier de charbon, séché dans une chaudière : on fait du feu sur cette couche pendant trois jours, on nettoie ensuite le creuset, et on remplit le fourneau, pour cette première fois seulement, de charbon de bois blanc; le feu s'allume par le bas, et on le laisse brûler sans souffler. Cette première chaleur achève de ressuyer l'intérieur du fourneau et le dispose à soutenir un feu plus violent.

Le feu ayant pénétré jusqu'au gueulard, ce qui arrive après vingt-quatre heures, on remplit le fourneau avec le charbon qui doit servir à fondre la mine. On continue encore le feu sans souffler, pendant deux jours; pour lors on introduit plusieurs ringards à côté les uns des autres, pour soutenir le charbon au-dessus du fond du creuset, et on les laisse ainsi pendant une demi-heure pour lui donner de l'air : cela s'appelle faire une *grille*. On profite de ce temps pour examiner si le fond du creuset ne se fend pas, et pour détacher de l'enduit du fourneau les crasses produites par la fusion des terres. On recommence une seconde grille, sept à huit heures après la première, et l'on en fait cinq à six, jusqu'à ce que le creuset soit rouge. On connoît que le creuset est assez chaud en y jetant une pelletée de frasil; si sa flamme s'élève avec vivacité, le fourneau est prêt à recevoir la mine. On commence par une bache, en augmentant d'une à chaque charge: on met d'abord autant de castine que de mine, pour faciliter la fusion.

Quand on voit arriver dans le bas la mine fondue, et qu'elle

paroît bien liquide, on place la dame à la distance prescrite de la timpe; on nettoie le creuset et on y met une couche de frasil sec et bien tapé pour échauffer le fond, qui, sans cette préparation, refroidiroit la mine, et il s'en formeroit une masse, que les ouvriers nomment *loup*, laquelle, en s'attachant au fond, obligeroit à *mettre hors*, c'est-à-dire, à discontinuer le feu. On bouche la coulée avec du sable mêlé de frasil; sans le frasil le sable se vitrifieroit, et le bouchon se durciroit trop. On jette entre la timpe et la dame assez de gros charbons pour en remplir l'intervalle; on y ajoute plusieurs pelletées de frasil tapé pour empêcher le vent de s'échapper au travers des charbons, et on couvre le tout avec du sable humecté et tapé. On tire ensuite la *pale*, c'est-à-dire, qu'on lâche le courant d'eau destiné à faire aller les soufflets.

On a soin d'entretenir toujours le fourneau plein, à mesure qu'il y a de la place pour une charge; les premiéres doivent être foibles en mine et en castine, mais la charge de charbon doit toujours être la même : on ne met dans les commencemens qu'un quart, un cinquième ou un sixième de mine.

On ménage aussi le vent : les soufflets ne vont d'abord que trois cent soixante fois par heure; on accélère les coups par gradation, et ce n'est qu'après deux ou trois fontes qu'on les laisse aller onze à douze fois par minute, et qu'on met les charges de mine complètes. C'est alors seulement que l'on connoît à la qualité du fer, si le fourneau digère bien; mais sa production ne peut s'établir que quand les angles de l'ouvrage sont arrondis par la vitrification des terres qui tapissent son intérieur.

*NB.* Il faut quinze jours avant que le fourneau soit bien échauffé.

Si un fourneau ne se dégrade pas pendant deux *fondées* [1], on a lieu d'espérer qu'il soutiendra un fondage [2] ordinaire.

---

1. Une *fondée* est un espace de six jours et six nuits.

2. Un fondage est la durée du feu que le fourneau peut soutenir sans interruption, ainsi qu'on l'a déjà dit.

## *Proportions des charges.*

L'expérience seule peut déterminer la quantité de chaque espèce de mine qui doit composer les charges d'un fourneau, ainsi que la quantité de charbon et de castine. Voici des mélanges en usage dans un fourneau, pour servir d'exemple :

| | 1.re | 2.e | 3.e charges. |
|---|---|---|---|
| Respes de charbon .................... | 3 | 6 | 5 |
| Baches de mines ...................... | 11 | 11 | 10 |
| Baches de castine .................... | 8 | 3 | 3 |

On verse d'abord le charbon, ensuite la castine, enfin la mine. Quand la mine est difficile à fondre, on ne met qu'un tiers de la castine avant la mine, et les deux tiers par dessus. Il est de règle générale que moins la mine est fusible, plus on augmente le charbon [1] et la castine. La dernière respe de chaque charge doit être de menus charbons pour remplir les vides des gros, et empêcher la mine de la charge suivante de couler à travers. Charge.

Une fois que les doses sont fixées, on ne doit pas les changer, à moins que le fer ne devienne mauvais : il faut auparavant examiner si ce n'est pas la faute du chargeur, et s'il n'y a pas de malfaçon; alors seulement on fait de nouveaux essais.

On ne permet au fondeur que de diminuer la quantité de chaque espèce de mine, quand l'état du fourneau l'exige; mais il ne faut jamais le laisser le maître de changer la combinaison des matières sans le consentement de celui qui dirige : la castine changeant la fusibilité de la mine, on nuiroit beaucoup à la fusion si on en varioit la proportion fixée.

On charge, dans certaines forges, quinze à dix-huit fois par vingt-quatre heures; dans d'autres, dix à douze fois pour une

---

1. On a de la fonte grise, quand on met beaucoup de charbon en proportion de la mine. On la rend grise aussi en la laissant long-temps dans le fourneau.

coulée, et l'on en fait cinq par quarante-huit heures : en général le nombre des charges dépend du degré de fusibilité des mines.

Mines en grains.

Si l'on fond des mines en grains, il faut les humecter, afin qu'elles se pelottent, et qu'elles ne coulent pas au travers des charbons.

On travaille le métal quand il y a beaucoup de laitier ramassé à la surface, et surtout quand il est au niveau de la tuyère; on retire ce verre du creuset avec le *couard* par-dessus la dame, et on rebouche l'ouverture avec de gros charbons, sur lesquels on jette une pelletée de frasil tapé : ce travail se fait toutes les heures, selon l'abondance du laitier.

Si le laitier est très-fluide, il s'écoule sans travail par-dessus la dame, et le creuset ne se refroidit pas; mais si le laitier n'est pas d'un rouge blanc, il faut en faciliter l'écoulement.

On jette de temps en temps du frasil sur le laitier, pour entretenir sa fluidité : celui qui coule naturellement n'entraîne point de fer, au lieu que celui qu'on retire par le travail, en contient; c'est ce laitier que l'on nomme *laitier de hallage*.

On écarte le laitier du fourneau avec des crochets, ou par le moyen du treuil dont on a parlé ci-devant, et on le traîne, sur une file de platines de fer coulé, hors de la fonderie.

Signes qui annoncent la situation du fourneau.

Signes au laitier.

La couleur du laitier fait connoître si les matières sont bien combinées : 1.° le trop de mine rend le laitier d'un vert noir et opaque; 2.° s'il y en a trop peu, il est argenté et clair; 3.° le fourneau est bien chargé, si le laitier est coulant, s'il file comme le verre, et si sa couleur est d'un gris verdâtre ou gorge-de-pigeon. Le même gris veiné de bleu est aussi le signe d'une bonne fusion.

Si le laitier est trop léger ou trop pesant, et percé de petites caries, c'est une preuve que la mine est mal fondue et brûlée[1]. Celui qui est noirâtre, annonce que la chaleur n'a pas suffi pour

1. On peut, en retirant du laitier par la tuyère avec une verge de fer, connoître la qualité de la fonte : s'il est vert, elle sera blanche; et s'il est veiné de blanc, elle sera grise.

fondre la mine, puisque le laitier n'est pas bien vitrifié et qu'il est encore coloré par du fer.

Signes à la flamme.

Si la flamme du fourneau est trop rouge, c'est preuve qu'il digère mal; au contraire si elle est pâle et blanchâtre, la digestion se fait bien. On ne peut faire ces remarques que la nuit, et une heure après avoir chargé.

Quand les matières ne s'affaissent pas régulièrement, il doit s'être formé des accrocs par des matières mal fondues; il faut alors ralentir le vent et diminuer la dose de mine. C'est presque toujours la faute du chargeur quand cela arrive : il s'endort, et laisse trop descendre la charge, ce qui l'oblige à faire la suivante trop forte; d'où il résulte des *encrochages,* et des amas de matières qui tombent dans le creuset et qui embarrassent la tuyère. Il faut alors se presser de les retirer, et couler tout de suite. Ces négligences font perdre du fer, et donnent lieu à une forte consommation de charbon pour remettre le fourneau en train.

Signes au guide-hors pour le chargeur.

Le chargeur fait pendant le jour ses remarques au guide-hors : si la couleur de son intérieur est d'un gris foncé, il y a trop de mine; et au contraire s'il est d'un gris blanc, il y en a trop peu; s'il est d'un gris cendré, le mélange est bien fait.

Signes à la tuyère pour le fondeur.

Le fondeur est continuellement occupé à regarder par la tuyère la situation du fourneau. Il connoît qu'il y a trop de mine quand le métal rejaillit, et qu'elle devient noire. Il juge par là que la mine tombe dans le creuset sans être fondue [1]; il a soin en même temps d'augmenter le vent. Si, malgré cela, la tuyère continue à être noire, il sacrifie la plus grande partie de la charge en la retirant à mesure qu'elle descend.

Si la tuyère *barbouille,* c'est-à-dire, si l'on entend un bouillonnement, c'est signe que le vent rencontre le laitier et que le creuset est trop plein; il faut alors lui procurer de l'écoulement.

1. Il s'empresse alors de travailler le métal et de retirer cette mine.

Signes à la couleur des gouttes de fonte.

La dernière fusion se fait au-dessus de la tuyère; il s'y forme une voûte d'où le fer dégoutte dans le creuset. Si ces gouttes sont blanches, c'est une preuve qu'il y a trop de charbon dans la charge : c'est le contraire si elles sont d'un rouge foncé, et que le laitier coule difficilement; cela peut provenir aussi de ce que le vent est mal réglé : les gouttes qui sont d'un rouge intermédiaire, annoncent que la digestion se fait bien.

Si le fourneau digère mal, on essaie de jeter par la tuyère, par poignées, deux pleins chapeaux de sel; et quand le fer reprend sa couleur naturelle, on retire les matières qui n'ont pas été bien fondues. Il y a des forges où l'on jette des cailloux blancs dans le creuset : on dit qu'en se fondant ils procurent une fusion plus complète.

On connoît qu'un fer est trop chargé de laitier, quand on croit voir une espèce d'huile à la surface du métal : c'est une preuve qu'il a beaucoup d'épaisseur, et que la fonte sera blanche.

Les fondeurs regardent comme un signe de bonne digestion, quand, en jetant de l'eau sur le laitier au sortir du fourneau, il devient spongieux et semblable à de la pierre ponce.

Précautions à prendre pour un fourneau embarrassé.

Si l'on est obligé d'arrêter un fourneau embarrassé par des masses mal fondues, ou pour des accidens arrivés dans les machines, il faut, après avoir laissé couler la charge du fourneau, boucher le gueulard et le bas du fourneau, pour empêcher l'introduction de l'air : il peut rester ainsi deux jours sans souffrir.

La fonte destinée à être réduite en fer battu, se coule en gueuse [1]; ce sont des prismes triangulaires, de dix-sept à vingt pieds de longueur, terminés en pointes à chaque bout; ils pèsent depuis 1200 jusqu'à 2000 livres.

Si l'on veut en faire de l'acier, on laisse la fonte plus longtemps dans le creuset, et on la travaille plus souvent, afin que

1. Du mot allemand *giessen*, qui signifie fondre.

le laitier s'en sépare mieux ; elle se coule en plateaux de deux pouces à deux pouces six lignes d'épaisseur, et du poids de 200 à 250 livres.

Le moule des gueuses se fait dans du sable humecté ou dans du laitier réduit en gravier ; il est contenu de chaque côté par deux longues pièces de fer coulé, enterrées au niveau du sol, et placées parallèlement entre elles et perpendiculairement au devant du fourneau.

Au moment que l'on va couler, on arrête le vent des soufflets en plaçant devant le bout de la tuyère un petit crochet plat pour détourner le vent; on en mure aussi l'ouverture intérieure avec de l'argile.

On débouche le portuis en le perçant avec un ringard, et on laisse couler le fer jusqu'à ce que le creuset soit vide. On rebouche alors le pertuis avec de l'argile mêlée de beaucoup de frasil, et on tape le bouchage avec un crochet.

On connoît que la fusion a été bien faite quand elle est d'un rouge blanc et qu'elle coule épaisse; on la juge ainsi si, après le refroidissement, la surface de la gueuse est d'un blanc argenté : les boursouflures annoncent un fer cassant.

Le fondeur, avant de reboucher le fourneau, sonde le creuset pour voir s'il n'y a pas quelque masse de mine mal fondue qui se soit attachée au fond ; en ce cas il a grand soin de la retirer. Il fait aussi tomber les crasses attachées autour de l'ouverture de la dame : cette ouverture se rebouche comme on l'a dit ci-devant à la préparation du fourneau.

On retire la dernière gueuse sur des rouleaux, quelque temps avant de couler, et l'on arrose le sable pour le refroidir et lui donner la consistance nécessaire. On coule ordinairement trois gueuses par vingt-quatre heures : cela dépend de la richesse de la mine. Il y a des fourneaux où le creuset se trouve rempli après la sixième charge ; dans d'autres il ne l'est qu'après la dixième.

Signes au grain de la fonte.

La bonne fonte doit avoir un grain un peu gros et peu brillant. Celle dont le grain est petit, blanc et luisant, est réputée de mauvaise qualité; on en juge de même s'il est gris et parsemé de beaucoup de brillans.[1]

Quand on coule du canon, il faut avoir deux fourneaux l'un à côté de l'autre. On lâche les deux fourneaux en même temps, et la fonte arrive dans le moule par deux canaux pratiqués dans le sable.

Les bombes, les boulets, les pots, etc., se coulent à la cuiller; ces cuillers, qui servent à prendre le métal dans le creuset, sont enduites d'argile en dedans et en dehors, et alors on les nomme *poche*. Il y a trois ou quatres hommes occupés à ce service : le premier arrive au-dessus du moule, verse la cuillerée, et reste en place jusqu'à ce que le moule soit rempli; les autres se succèdent et versent leur cuillerée dans celle du premier, afin que le métal coule sans interruption.

Couler à la poche.

Si l'on ne coule qu'une partie de la charge du creuset à la poche, il faut couler le reste en gueuses; si au contraire, elle doit être employée en entier à la poche, on pousse dans le creuset une masse de laitier, pour élever la surface du métal à mesure qu'on en prend : on a soin après de retirer cette masse quand la coulée est faite.

Si l'on coule habituellement à la poche, on laisse rafraîchir de temps en temps le creuset en le vidant en entier au moins une fois par semaine.

## *Production d'un fourneau.*

La production des fourneaux dépend des moyens que l'on emploie pour fondre la mine; mais pour se fixer à une donnée,

1. On peut connoître le grain ou fer sans casser la gueuse, en formant avec une cheville, dans le milieu de la longueur du moule, un trou, qui se remplit en même temps que la gueuse s'écoule et produit un lingot que l'on peut ensuite détacher à l'aide d'un petit coup de marteau.

on a reconnu, par l'expérience, que six paniers ou vans de charbon, du poids de 40 livres, et huit mesures de mine, pesant chacune 55 livres par charge, ont produit en douze charges 1935 livres de fonte, et environ 1200 livres de fer battu.

On a observé, en général, que la fonte perdoit un tiers de son poids, étant réduite en fer battu; d'où l'on tire le principe que 1500 livres de fonte rendent ordinairement 1000 livres de fer forgé : ce résultat approche effectivement beaucoup du produit de tous les fourneaux.

Un fourneau qui produit 3000 livres de fonte en vingt-quatre heures, consomme deux bannes et demie, ou trois au plus, de charbon mêlé de chêne, de hêtre et de charme. Il faut donc une banne de charbon pour 1000 livres de fonte.

On estime par aperçu, en Alsace, que 1000 livres de fer forgé consomment environ dix-sept cordes de bois de trois pieds de longueur et de trente-deux pieds de surface. Cette estimation est cependant trop forte. Mais il faut considérer, 1.°, que le charbon est fait quelquefois avec du bois trop vieux; 2.°, qu'il y a beaucoup de déchet dans les halles, si le charbon y est gardé long-temps; 3.°, qu'il y a des faudes de charbon mal soignées, dont le bois se consume à pure perte; 4.°, enfin, que l'on peut être obligé de discontinuer le feu à la première fondée, si le fourneau n'a pas été bien séché, et que l'ouvrage éclate.

En supposant que le charbon n'ait éprouvé aucun de ces déchets, la consommation en est moins forte. En Champagne, par exemple, on ne consomme que quatre-vingts bannes de charbon par mois pour un fourneau.

On force de charbon pour rendre la fonte traitable à la lime et au foret, en lui donnant par là la qualité du fer doux; mais il ne faut employer ce moyen qu'avec ménagement, sans cela la fonte devient poreuse et d'un gris noirâtre, ce qui rend le

fer de très-mauvaise qualité, surtout pour des canons : ceux qui en sont composés ne tardent pas à éclater, parce que les parties métalliques, manquant de laitier, ne sont pas assez liées.

*Compte rendu du produit d'un fourneau.*

On joint ici un tableau du compte que doit rendre un régisseur au propriétaire.

*Exemple d'un état de la consommation et du produit d'un haut fourneau pendant une semaine.*

| MOIS DE DÉCEMBRE, DU 28 NOVEMBRE AU 4 DÉCEMBRE. | CHARGES de castine, de mine et de charbon. | | | | | | FER COULÉ QUI EN EST RÉSULTÉ. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | NOMBRE DES CHARGES. | Castine. | MINES en pierre. | MINES en grains. | CUVEAUX DE CHARBON de hêtre. | CUVEAUX DE CHARBON de sapin. | FER de gueuse. | | FOURNEAUX et PLAQUES. | | PRODUIT TOTAL en fonte par semaine. | |
| | | La mesure à L. | La mesure à 48 L. | La mesure à 48 L. | | | Quint. | liv. | Quint. | liv. | Quint. | liv. |
| Dimanche, 28 Nov.bre | 15 | 30 | 75 | 64½ | 15 | 22½ | 5 | 2 | 10 | 54 | 15 | 56 |
| Lundi, 29 — | 14 | 28 | 70 | 63 | 14 | 21 | 4 | 54 | 9 | 93 | 14 | 47 |
| Mardi, 30 — | 14 | 28 | 70 | 65 | 14 | 21 | 6 | 71 | 7 | 83 | 14 | 54 |
| Mercredi, 1.er D.bre | 15 | 30 | 75 | 71½ | 15 | 22½ | 5 | 33 | 8 | 71 | 14 | 4 |
| Jeudi, 2 — | 15 | 30 | 75 | 71 | 15 | 22½ | 5 | 33 | 8 | 71 | 14 | 4 |
| Vendredi, 3 — | 14 | 28 | 70 | 65 | 14 | 21 | 5 | 92 | 8 | 91 | 14 | 83 |
| Samedi, 4 — | 15 | 30 | 75 | 63 | 15 | 22½ | 4 | 99 | 10 | 20 | 15 | 19 |
| TOTAUX.. | 102 | 204 | 510 | 463 | 102 | 153 | 37 | 84 | 64 | 83 | 102 | 67 |

| | Quintaux. | Livres. |
|---|---|---|
| Les 510 mesures de mine en pierre pèsent ... | 244 | 80 |
| Les 463 mesures de mine en grains pèsent .... | 222 | 24 |
| Mine employée, en tout ...... | 467 | 4 |

Résultat pour la mine. { Le quintal de mine a produit en fer coulé . . . 22 liv.

Résultat pour le charbon { Il a fallu p. 100 l. de fer 2 cuveaux et demi de charbon.

OBSERV. Le produit de ce fourneau étant trop foible eu égard à son produit ordinaire, on peut l'estimer à 150 quintaux par semaine. Retranchant des 52 semaines de l'année quatre mois, ou 17 semaines, pendant lesquelles il faut chômer, soit à cause des réparations à faire au haut fourneau, soit faute de minerai, il resteroit 35 semaines, à 150 quintaux l'une, ce qui feroit par an 5250 quintaux.

# CHAPITRE VIII.

## *Affinage, ou réduction du fer de fonte en fer forgé.*

Le fer de fonte n'est pas traitable sous le marteau, et se brise quand on le bat, étant rouge; on ne peut le mettre en fer forgé qu'après l'avoir purgé de la surabondance de son laitier: il faut pour cela le refondre, le travailler [1] et le passer plusieurs fois sous le marteau. Planche VI.

Nature du fer de fonte.

On peut considérer le fer de fonte comme composé de parties métalliques dispersées dans une mer de laitier, et trop écartées les unes des autres pour former entre elles une adhérence inséparable, par la raison que le laitier qui en forme la liaison, étant de la nature du verre et plus fusible que le fer, se casse lorsqu'il est froid, et s'écoule si on le chauffe à son degré de fusion. [2]

La différence du fer de fonte au fer affiné ne consiste donc que dans la dose de laitier qu'il y a de plus dans l'un que dans l'autre.

On ne peut débarrasser les parties métalliques de ce laitier surabondant, qu'en lui procurant par une nouvelle fusion la facilité de s'en séparer. Ce n'est qu'après cette opération qu'elles peuvent mieux se rapprocher, et former une masse d'autant plus ductile et plus homogène qu'elle contient moins de laitier.

La fusion de la gueuse, cette première opération qui se fait à l'affinerie, ne suffit pas pour séparer le laitier surabondant des parties métalliques; il est nécessaire de chauffer et de marteler à plusieurs reprises la masse produite par cette fusion, avant de

---

1 Il y a des forges où l'on ne croit pas nécessaire de travailler le fer dans le creuset pour former la loupe; on en fait seulement écouler le laitier de temps en temps.

2 Voyez l'article de la formation du fer battu, chapitre X.

mettre le fer en état d'être employé aux différens usages que l'on en fait. En chauffant cette masse et en la martelant, on donne de l'extension aux globules métalliques dont elle est composée, et on les file d'autant plus déliés qu'on les allonge davantage; ils deviennent alors les fibres du fer en barre. Celui qui, aux opérations de l'affinage, a été bien purifié de l'excès de laitier dont ses globules étoient enveloppés, a le tissu nerveux, et celui qui en a trop conservé a le tissu grené; c'est souvent faute d'avoir été travaillés que ces globules n'ont pas pu se filer en nerf, et que leur masse ne s'est pas assez purgée de son laitier.

Quoiqu'il soit possible de diminuer la dose de laitier d'un fer mal affiné, à force de le réchauffer et de le repasser sous le marteau, on ne parvient jamais à changer la figure du mélange des grains et des nerfs que les faisceaux des fibres ont pris à l'affinage. On trouve dans les barres, quelqu'extension qu'on leur donne, les mêmes veines qu'elles ont eues dans leur plus grande force; avec la différence que les fibres sont plus rapprochées, et les grains, qui forment des veines luisantes, diminués de grosseur.

C'est donc à l'affinerie que le fer prend définitivement sa qualité, puisqu'il la conserve jusques dans les plus petites dimensions.

Parmi les méthodes d'affiner le fer il y en a deux en usage en France et dans la plus grande partie de l'Allemagne.

Les François se servent de deux feux pour réduire le fer de fonte en fer forgé. La fonte est réduite en fusion dans le premier feu, que l'on nomme affinerie; et dans l'autre, appelé chaufferie, on étire les subdivisions de la loupe.

Il y a des endroits où l'on donne à la chaufferie le nom de *renardière* [1]; dans ce Traité on a consacré ce nom au feu où l'on refond de la vielle ferraille.

Les Allemands se servent du même feu pour ces deux opérations, et ils sont en cela plus économes que les François; car la chauf-

1 Du nom de Renard, qui les a établies en France.

ferie est inutile, et le charbon qu'on y consomme est en pure perte.

Le travail allemand est en usage en France dans beaucoup d'établissemens; il sera sans doute bientôt général, vu la rareté du bois : d'autant mieux qu'on s'est convaincu par une infinité d'épreuves, que deux affineries fournissent autant de fer qu'une affinerie et deux chaufferies.

Il y a de l'inconvénient à placer deux affineries sous le même toit, s'il n'y a qu'un seul marteau pour les deux; par la raison qu'il arrive presque toujours qu'il y a des feux qui chauffent mieux les uns que les autres, et que les ouvriers, payés en proportion du poids du fer qu'ils affinent, ne se donnent pas le temps de le bien purifier, s'ils sont plus retardés que leurs voisins.

Il y auroit cependant de l'avantage à avoir trois affineries à l'allemande, à portée de deux marteaux à leur usage; le travail en iroit plus vîte, parce que les ouvriers ne seroient pas obligés d'attendre leur tour pour marteler, comme cela arrive lorsqu'il n'y en a qu'un pour deux affineries : le manque d'eau peut seul empêcher les maîtres de forge de faire cet arrangement.

Si c'est à la françoise que l'on travaille, l'affinerie doit être placée à côté de la chaufferie, parce que le même arbre fait aller le gros marteau de l'affinerie et les martinets de la chaufferie.

Travail à la françoise.

*L'affinerie*, ainsi qu'on l'a dit, est le foyer où l'on fait fondre la gueuse: on en tire, à chaque cuite, une masse arrondie par le travail de l'affinerie; on la nomme loupe; son poids est d'environ 150 livres, et elle donne 110 livres de fer en barres, après avoir été réduite à l'affinerie en un parallélipipède nommé la *pièce*.

La *chaufferie* sert à réchauffer la pièce à plusieurs reprises; on la divise d'abord en deux parties à peu près égales de figure aussi parallélipipède, que l'on nomme *lopin, coron* ou maquette.

On les traite l'une et l'autre dans ce feu alternativement, et on les réduit en barres.



Les Allemands chauffent les lopins au feu de l'affinerie, en même temps que la loupe se forme.

Dimensions de la cheminée.

Les cheminées des forges où l'on affine la fonte, ont sept à huit pieds de largeur et cinq à six de profondeur; elles ne sont construites que de trois murs jusqu'à la hauteur de quatre à cinq pieds au-dessus du rez-de-chaussée. C'est le devant qui reste ouvert; il a moins d'épaisseur que les autres, parce qu'il ne peut être soutenu qu'avec des barres de fer dont les bouts sont portés par les murs de côté. Cette ouverture doit avoir assez peu d'élévation au-dessus du creuset pour qu'elle garantisse du feu la tête de l'affineur.

On choisit pour le côté des soufflets la face qui se présente le plus naturellement au courant d'eau que l'on veut employer à leur mouvement, ainsi que dans les hauts fourneaux.

Les soufflets.

Les soufflets des affineries ne sont pas aussi grands que ceux des hauts fourneaux; ils n'ont que huit à neuf pieds de longueur [1]; ils sont placés de même l'un à côté de l'autre, et leurs buses se réunissent dans une tuyère [2] de cuivre : elle se fondroit ou se brûleroit trop vîte si elle étoit en fer coulé. L'ouverture de la tuyère est circulaire en-dessus et plate en-dessous, en sorte que sa coupe est exprimée par un segment circulaire. Sa base a vingt-deux lignes de largeur à l'orifice, et sa hauteur est d'un pouce : on pose les buses des soufflets à trois pouces six lignes du bout de la tuyère.

Emplacement de la tuyère.

La hauteur de la tuyère au-dessus du fond du creuset, et sa saillie dans la cheminée, tiennent à l'art de l'affineur. Il la place d'autant plus haut et l'avance d'autant plus que le fer est plus difficile à fondre. Il y a cependant des règles générales pour cet emplacement, qui est essentiel, parce que c'est de la direction du vent que dépend surtout le bon affinage.

Double soufflet.

1 Un seul double soufflet, un peu grand, suffit pour une renardière, dont on parlera ci-après. (Voyez pl. X.)

Planche X.

2 On se rappelle que dans les grands fourneaux chaque soufflet a sa tuyère.

La tuyère se place ordinairement de niveau; on peut bien la faire plonger, mais jamais la relever de plus de trois lignes : plus elle souffle haut, plus le vent est violent ; aussi la place-t-on de niveau quand la fonte produit un laitier blanc, et on la dirige trois lignes plus haut s'il est rouge, c'est-à-dire, moins fusible. Plus elle est saillante dans le creuset, mieux elle chauffe, par la raison que l'action du vent est plus réunie. Il y a pour cela des usages établis par l'expérience, et qui sont relatifs à la qualité des fontes : celle qui est grise veut, par exemple, être d'autant moins chauffée que sa couleur est plus foncée.

Le contrevent est l'endroit le plus chaud du creuset, quand le vent est le plus fort possible et qu'il a assez de violence pour y porter le foyer de la chaleur : c'est de là que s'élève la flamme la plus vive. Plus le vent est foible, plus le foyer est rapproché de la tuyère, parce qu'il n'a pas la force de pénétrer le charbon plus avant, et qu'il se charge moins de parties caloriques.

On incline moins la tuyère pour le fer que pour l'acier, parce que le vent doit, dans cette seconde opération, être dirigé sur la loupe, pour mieux diviser les parties métalliques et les séparer plus complétement du laitier surabondant, au lieu que pour faire du fer il suffit que la fonte prenne de la consistance après avoir découlé de la gueuse.

La tuyère est soutenue sur une platine de fer coulé, logée verticalement contre le mur des soufflets. La largeur de cette platine est inégale, et son petit côté est tourné vers le derrière de la cheminée. La forme de coin que l'on donne à sa largeur, procure la facilité de placer la tuyère à différentes hauteurs.

Les quatre faces ont, dans bien des forges, le même nom que celles des hauts fourneaux; savoir : le côté de *tuyère*, le *contrevent*, qui lui est opposé, le côté de *rustine* ou la face de derrière, et le côté de *tympe*, opposé à la rustine.

On distingue dans le creuset deux dimensions essentielles, les distances du centre de la tuyère à la rustine et à la tympe. La

première se nomme en Allemagne la petite *werme*, du mot *wærmen*; et l'autre se nomme la grande *werme*, comme dans les hauts fourneaux.

En général, la tuyère est dirigée, suivant la fusibilité du fer, à quatre ou six pouces du fond, mesure prise sur la plaque du contre-vent : cela s'appelle souffler à quatre ou à six pouces.

Le fond du creuset, le côté de rustine et celui de contre-vent, sont formés chacun par une plaque de fonte; ces deux dernières sont appliquées et contenues contre la maçonnerie : celle de tympe forme seule le devant du creusèt.

Planche VI.

### *Dimensions des plaques du creuset d'affinerie.*

| | | | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|---|---|
| Le fond, | longueur | | 2 | 8 | » |
| | largeur | | 1 | 6 | » |
| | épaisseur | | » | 2 | 6 |
| La plaque de tuyère ou de chauffe, | longueur | | 2 | 2 | » |
| | largeur | à un bout | » | 8 | » |
| | | à l'autre | » | 6 | » |
| | épaisseur | | » | 2 | » |
| La plaque de rustine, | longueur | | 1 | 11 | » |
| | largeur ou hauteur | | 1 | 3 | 6 |
| | épaisseur | | » | 2 | 6 |
| La plaque de tympe, | longueur | en haut | 2 | » | » |
| | | en bas | 1 | 10 | » |
| | largeur | | » | 8 | 6 |
| | épaisseur | | » | 1 | 6 |
| La plaque de contre-vent, | longueur | | 2 | 6 | 6 |
| | largeur | | 1 | 4 | » |
| | épaisseur | | » | 2 | » |

Ces dimensions ne sont que locales et peuvent varier au gré des ouvriers.

La plaque de tympe est percée à différentes hauteurs de deux

ou trois trous ronds qui servent à l'écoulement du laitier, et dans son bord inférieur d'un trou quarré qui est au niveau du fond et qui a deux usages. Il sert essentiellement pour introduire un ringard à l'aide duquel on détache la loupe du fond du creuset; il sert aussi à l'écoulement du fer des enclumes ou marteaux cassés, que l'on veut mettre en fer battu, et qui ne peuvent pas se fondre en dégouttant comme la gueuse.

Les trous ronds sont, le plus bas, à quatre ou cinq pouces du fond, et les autres successivement d'un pouce plus haut. Ces distances varient selon la grandeur du creuset et la quantité du fer fondu nécessaire à la formation de la loupe : c'est le premier trou d'en bas qui règle sa capacité; ceux d'en haut servent à faire couler le laitier pendant qu'on travaille le fer. Le creuset doit contenir environ 300 livres de fer fondu jusqu'au premier trou, et 400 livres lorsqu'il est à la hauteur du dernier : on ne débouche que ceux d'en haut, afin que le fer ne s'écoule pas avec le laitier.

La rustine est dressée contre le fond à onze pouces du bord de la tuyère.

La tympe est placée sur le fond. Le contrevent est appuyé contre le fond, et logé entre la rustine et la tympe. Les trois premières plaques sont verticales et la tympe est inclinée de quatre pouces en dehors, mesure prise de son bord supérieur. Le vide que laisse sa surface intérieure vis-à-vis de l'épaisseur du fond, est rempli par une bande de fer formée en rasoir.

On place sur le dessus du devant du creuset, une table de fer coulé, nommée *taque d'ouvrage*, qui a deux pouces d'épaisseur et environ deux pieds de largeur : son bord intérieur doit affleurer la tympe. Cette taque est soutenue par un bout de mur de six pouces d'épaisseur, joignant le côté de la tuyère, et par la maçonnerie construite dans toute la base de la cheminée jusqu'à la hauteur du creuset. Il doit rester un intervalle d'environ douze pouces entre le petit mur et celui qui forme le devant du creu-

Taque d'ouvrage.

set : cet intervalle est formé par la tympe, et la taque d'ouvrage forme une voûte dans cette partie. Le reste de la surface de l'âtre est recouvert de plaques de fonte pour la conservation de la maçonnerie.

Réfrigérant. On pratique sous le fond du creuset un réservoir d'eau pour en rafraîchir la plaque lorsqu'elle devient trop chaude; on y conduit l'eau par un petit chéneau en bois : sans cette précaution elle se fondroit. On reconnoît que la plaque est trop chaude quand, en travaillant dans le creuset, l'ouvrier sent que la pointe de son ringard glisse dessus.

On laisse une ouverture dans le mur du derrière de la forge, vis-à-vis du creuset et à la même hauteur que son dessus, pour le passage de la gueuse, que l'on avance par ce trou [1] à mesure qu'elle se fond.

Des marteaux et martinets. Planche VII. Le gros marteau dont on se sert pour cingler la loupe, est ordinairement, en France, de quatre ou cinq cents livres. En Allemagne il passe cinq à six cents; il y en a même de plus pesans: cela dépend de la nature du fer que l'on a à étirer; le fer tendre, quand le marteau est trop pesant, s'étend trop vite et se déchire.

Le marteau et son enclume sont de fer de fonte. En Suède, le marteau est de fer battu acéré, et l'enclume de fer coulé; mais pour endurcir la table, on la coule sur une plaque de fer à rebords, où elle est plus tôt refroidie que si le fond du moule étoit en sable. On aiguise les marteaux et les enclumes avec une meule mue par l'eau.

Planche VIII. Il y a des marteaux plus petits, nommés *martinets*, qui sont en fer battu et aciérés ainsi que leurs enclumes, et qui servent à étirer le fer en petites dimensions : les gros pèsent environ 180 livres, et les petits 100.

---

1 Il est préférable de placer la gueuse dans la direction de la tuyère, afin de s'assurer que le fer tombe goutte à goutte dans le creuset.

Le gros marteau est élevé par des *cames*, formés sur un cercle de fer, dont l'arbre de la roue à eau est armé. Il agit non-seulement par son propre poids en retombant, mais encore par la réaction d'une grande poutre, nommée *drome*, qui traverse la forge, et par celle d'un ressort de bois placé au-dessus dans la direction de l'arbre.

Les martinets sont aussi soulevés par des cercles de fer à *cames*, passés dans l'arbre du gros marteau.

Pour traîner la loupe depuis le foyer jusqu'à l'enclume, on pratique un chemin avec des plaques de fonte d'environ un pied de largeur; à peu de distance de la cheminée, et à côté de ce chemin, il y a une plus grande plaque de deux pieds en quarré, sur laquelle on rassemble la loupe avec une masse de fer avant de la porter sous le marteau.

Le feu de la chaufferie et celui de la renardière ont la même forme que celui de l'affinerie, mais en plus petites dimensions. (Voyez ces dimensions à l'article de la renardière.)

### *Moteur des doubles soufflets.*

Les doubles soufflets en bois sont mis en mouvement par une manivelle courbe, fixée dans le bout de l'arbre de la roue à eau; ce mouvement est communiqué au soufflet par des léviers représentés sur la planche XI. Mouvement des doubles soufflets en bois. Planche XI.

### *Ouvriers nécessaires pour affiner le fer.*

Pour une affinerie à l'allemande, { un maître-affineur ou marteleur; un garçon.

Il faut un marteleur de plus quand l'affineur ne sait pas marteler.

Pour une chaufferie ............ { un marteleur; un garçon.

Le nombre de ces ouvriers est doublé si la chaufferie travaille pour deux affineries; ils sont aidés par un valet nommé *gougeat*, qui est chargé particulièrement de fournir le charbon.

Ils ne travaillent que douze heures, après lesquelles ils sont relevés par d'autres, de manière que le travail ne chôme jamais. Il seroit trop coûteux de laisser éteindre le feu pendant la nuit : le creuset se refroidiroit, et il y auroit le matin trop de temps perdu avant qu'il fût réchauffé.

Du charbon.

Le meilleur charbon pour affiner le fer est celui qui est mêlé de chêne et de hêtre; mais celui de sapin et préférable pour l'étirer, c'est-à-dire, pour la chaufferie ou la renardière.

Moyen d'augmenter le degré de chaleur du creuset.

On peut augmenter le degré de la chaleur dans le creuset en établissant, au-dessus de la plaque de rustine et de celle de contre-vent, une autre plaque de fer coulé, dont le haut est cintré, et qui a environ deux pieds de hauteur et dix-huit lignes d'épaisseur : celle de la rustine est ouverte par le bas pour le passage de la gueuse.

Ces deux plaques sont soutenues par des crochets de fer qui les tiennent inclinées vers le centre du creuset. Il se ramasse vers le haut de ces plaques un encroûtement du laitier que le vent y porte, et qui y forme une naissance de voûte, qu'on laisse resserrer jusqu'au point qu'elle ne concentre pas trop la flamme.

Des scories.

On distingue dans les affineries trois espèces des scories.

1.° Celles que l'affineur fait écouler du creuset pendant que la loupe se forme. On comprend dans cette espèce celles qui se ramassent dans l'auge, où l'affineur décharge son ringard toutes les fois qu'il a sondé la matière dans le creuset : ces scories doivent contenir peu de parties métalliques si l'affineur est soigneux.

On se sert de ce laitier pour entretenir le bain dans lequel la loupe doit toujours être plongée.

2.° Celles qui tombent autour de l'enclume quand on martelle

la loupe [1]; elles contiennent beaucoup de fer, et se nomment par cette raison *scories métalliques.* On les brise et on les humecte. Ces scories sont très-utiles à l'affinage; on en jette dans le creuset à mesure que la gueuse découle, pour faire prendre consistance au fer.

3.° Il y a une troisième espèce de scories qui n'est pas si riche que celle qui se ramasse autour de l'enclume; c'est celle qu'on retire des culots qui se forment dans le fond du creuset après chaque cuite, et que l'on écrase au bocard.

La première fois que l'on porte la loupe sous le gros marteau, on la réduit en un parallélipipède, encore rempli d'inégalités et de gerçures; on la nomme généralement *la pièce,* comme on l'a déjà dit. Division de la loupe.

Cette pièce, à la seconde chaude, qui a lieu pendant que la loupe suivante se forme, est divisée en deux autres parties, nommées *lopins* ou maquettes, ainsi qu'on l'a dit. Travail à l'allemande.

On met au feu, de chaque côté de la pièce, les maquettes de la cuite précédente, pour profiter du feu pendant que la pièce, qui est beaucoup plus grosse, se ramollit. On fait aussi passer successivement les maquettes entre la pièce et la tuyére.

1 Qu'on nomme communément *batitures.*

## CHAPITRE IX.

### *Travail du fer à l'affinerie.*

On prépare le creuset à recevoir la fonte que l'on veut affiner, en le remplissant de charbonailles ou de scories métalliques, jusqu'à la hauteur de la tuyère. On a soin de les bien taper avec une pelle du côté de la tympe, afin que le fer ne puisse pas dans le commencement couler par les trous de cette plaque.

La gueuse est posée ordinairement sur deux rouleaux en dehors de la forge, et introduite au-dessus du creuset par le trou pratiqué à cet effet dans le derrière de la cheminée. On avance son bout à deux ou trois lignes au-dessus du vent de la tuyère parallèlement à cette face : si on la présentoit dans la direction du vent, elle se fondroit trop vîte et ne tomberoit pas goutte à goutte dans le creuset.

On a soin de la tenir au foyer du creuset, qui est toujours indiqué par la gerbe de feu qui s'élève au-dessus du charbon; on la rapproche en même temps du contrevent, parce que c'est l'endroit le plus chaud, le vent y dardant la flamme de tout le charbon qui se trouve entre la tuyère et le contrevent.

Le bout de la gueuse est soutenu en dehors par un rouleau de bois ou de grosse tôle, qui, au moyen d'un ringard, donne à l'affineur la facilité d'avancer la gueuse à mesure qu'elle se fond : la gueuse étant placée, on la couvre de gros charbon et on lâche les soufflets.

La gueuse en se fondant tombe goutte à goutte dans le creuset; elle s'y tient liquide au-dessous du vent, et ne devient solide qu'à mesure que le laitier s'en sépare en travaillant le fer et qu'on le fait écouler.

Il est nécessaire pendant cette opération d'entretenir les parties métalliques dans un bain de laitier, qui les empêche d'être détruites par la chaleur : on jette pour cela dans le creuset, à différentes reprises, des scories métalliques humectées.

L'affinage du fer dépend de deux opérations essentielles. La première est, en général, de le rendre le plus liquide possible, pour procurer l'écoulement du laitier surabondant ; la seconde, de donner de la consistance au fer quand il est fondu, afin de pouvoir le réunir en masse et le porter sous le marteau. Affinage

L'affineur se sert d'un ringard pointu pour soulever et présenter continuellement la matière au foyer du creuset, et achever de bien diviser ce qui s'est détaché de la gueuse : ce qui en reste au bout du ringard annonce à l'affineur l'état de l'opération. Si la matière se détache aisément d'un seul coup de marteau frappé contre le haut du ringard, c'est une preuve que c'est du laitier ; et comme sa hauteur est marquée sur le ringard, il perce le trou de la tympe auquel il correspond, s'il y en a trop, et le fait écouler. Il le reconnoît aussi quand la tuyère *barbouille*, c'est-à-dire, lorsque le vent rencontre la surface du laitier ; ce qui est annoncé par un sifflement. Si on ne faisoit pas écouler le laitier à temps, il entreroit dans la tuyère, le vent le refroidiroit et il la boucheroit. On soutire aussi le laitier quand il est trop chaud ; sans cela il suffiroit de le faire écouler un moment avant de retirer la loupe.

Le premier écoulement n'a donc pour objet que de laisser un libre cours au vent ; les autres écoulemens ont celui de débarrasser les parties métalliques du laitier surabondant ou trop chaud, et de n'en plus laisser autour de la loupe quand elle est formée.

Si la matière qui s'attache au ringard ne s'en sépare pas d'un coup de marteau, et que l'affineur soit obligé de le frotter sur la fourche de fer piquée dans un bloc à portée du feu et destinée à cet usage, c'est une preuve que c'est du fer qui s'est atta-

ché au ringard; alors il jette une pelletée de scories métalliques dans le feu pour entretenir toujours un bain de laitier autour de la masse qui doit former la loupe, afin qu'elle ne reste jamais à découvert et que le fer ne se calcine pas.

Si le fer qui reste au bout du ringard est blanc et sans taches, c'est un signe que la loupe est faite et que le fer est débarrassé de son laitier. Si le fer est blanc et en même temps grumelé, la fusion n'a pas été bien faite; dans ce cas on continue à travailler la matière, et on la soulève à la surface des charbons, afin qu'en retombant elle puisse se fondre complétement. On a soin en même temps de jeter des scories pour entretenir le bain, si le laitier n'est pas bien liquide; on y jette aussi des cailloux blancs.

Le vent.

Le vent, en animant le feu, pénètre en même temps le fer qui découle de la gueuse, et en l'épurant de son laitier il donne aux parties métalliques la liberté de se réunir. On augmente le vent à mesure qne la loupe grossit, afin de perfectionner l'épuration. C'est par cette raison qu'une fois qu'elle a pris consistance, l'affineur la soutient à la direction du vent, et la pique continuellement avec le ringard pour en faire sortir le laitier.

Il y a du fer que l'on a bien de la peine à consolider, c'est celui dont la fonte est d'un gris noirâtre à grains fins. On est obligé, pour lui faire ce que l'on appelle *prendre nature*, d'y ajouter une grande quantité de scories métalliques : il faut même souvent y joindre un morceau de fer battu de quinze à vingt livres, que l'on prend ordinairement des loupes précédentes, et que les affineurs mettent toujours en réserve lorsqu'ils traitent du fer de cette nature. Ce morceau se met dans le fond du creuset pour servir de noyau à la fonte qui découle. La fonte blanche prend plus tôt consistance que la grise.

L'affineur, en travaillant la loupe, a soin de détacher avec son ringard, des angles du creuset et des environs de la tuyère, les parties qui s'y accrochent, et les fait passer au foyer pour les refondre. Il perce de temps en temps un des trous ronds de la

tympe pour faire écouler le laitier surabondant, en commençant par le trou le plus bas.

Il relève aussi au vent et au foyer les parties qu'il sent encore solides, pour les faire fondre et les débarrasser des charbons qui se mêlent ordinairement parmi les parties métalliques et qui en empêcheroient la réunion.

On ne doit avancer la gueuse que peu à peu, sans cela il s'en détacheroit des grumeaux qui auroient de la peine à se bien fondre.

L'affineur connoît le degré de coction de la loupe, en la sondant avec le ringard : tant qu'il se charge d'une matière qui se détache aisément, la loupe n'a pas sa consistance et contient encore trop de laitier ; mais quand elle reste attachée au ringard, c'est une preuve que la loupe est prête à se former.

Pendant que l'affineur ravale la loupe, il jette continuellement dans le feu des scories métalliques pour en rafraîchir la surface : la loupe étant prête à être portée sous le marteau, on la découvre, et on jette dessus des scories humides prises dans l'auge où l'on décharge le ringard ; l'on a soin en même temps de tenir la loupe dans un bain de laitier, pour qu'elle ne se refroidisse pas intérieurement.

L'affineur arrose la loupe après l'avoir découverte ; il la retire du feu avec un crochet et à l'aide de son garçon qui la soulève par le moyen d'un ringard ; il la pose un moment sur la taque d'ouvrage, et la fait ensuite tomber devant la cheminée sur la grande plaque destinée à cet usage. C'est là qu'il la rassemble à coups de masse ou de marteaux à main, et qu'il lui laisse prendre encore de la consistance : de là il la traîne sur le chemin en plaques de fer qui conduit au gros marteau, et la place sur l'enclume à l'aide de tenailles courbes et pointues, en prenant son point d'appui sur un ringard que son garçon tient posé par le bout dessus le bloc de l'enclume ; si la loupe est pesante, un troisième ouvrier aide les deux autres avec une pelle.

On lâche l'eau pour faire aller le marteau, et l'on réduit la loupe en un parallélipipède de cinq à six pouces d'équarrissage, et de vingt à vingt-quatre pouces de longueur.

Pendant que la pièce se forme sous le marteau, le laitier sort de la loupe de même que le miel découle d'un rayon que l'on exprime. Ce laitier se fige en petits gâteaux arrondis et cariés, qui ne contiennent pas de fer; on les distingue des parcelles qui se détachent de la loupe, et qui forment les scories métalliques.

Il ne sort presque point de laitier des loupes de fonte grise, par la raison qu'elles en contiennent moins que la blanche.

Quand le fer a peu de laitier, l'ouvrier a soin d'en empêcher l'écoulement, en présentant au marteau les endroits par où il s'en écoule, et en y jetant de ces scories métalliques qui tombent autour de l'enclume.

Pendant qu'on cingle la loupe, un ouvrier détache des parois du creuset et des entours de la tuyère les crasses qui s'y sont attachées, et les retire. Il retire aussi du fond du creuset le culot de scories qui s'y forme pendant l'affinage, et qui a ordinairement cinq à six pouces d'épaisseur.

Si ce culot gêne le travail de l'affinage, l'ouvrier le détache du fond du creuset avec un ringard, et le retire du feu, en observant de le faire passer au contre-vent, pour qu'il ne se mêle pas avec les parties métalliques.

Signes qui annoncent le succès de l'affinage.

On connoît qu'une loupe est mal affinée quand elle s'entr'ouvre, et qu'en la retirant du feu on voit pétiller son culot; c'est une preuve qu'elle contient encore du métal mal fondu. Si, au contraire, elle est bien rouge et compacte, on doit être assuré que la fusion en a été bien faite.

Si la partie qui touchoit au contre-vent est d'un rouge plus foncé que celui du reste de la loupe, le vent n'a pas agi également sur toutes ses parties, et a été trop foible au contrevent; car cet endroit, qui est le plus chaud pendant la fusion,

devient le plus froid quand la loupe est formée : aussi doit-on pour lors redoubler le vent, surtout peu de temps avant de la porter sous le marteau.

On juge que la loupe est bien affinée quand elle est blanche, qu'elle se pétrit bien sous le marteau, et que le laitier qui en découle est d'un rouge clair.

Pendant qu'on forme la pièce, on raccommode le feu, et on avance ensuite la gueuse vers la tuyère; on la couvre de charbons, et on fait aller les soufflets pour recommencer l'opération.

Observations.

1.° Il y a des loupes qui se brisent sous le marteau; pour remédier à ce défaut, on ne connoît que le moyen de les laisser un peu refroidir avant de les marteler. La pièce qu'elles produisent se gerce aussi; on parvient quelquefois à empêcher ces gerçures en saupoudrant de temps en temps la pièce avec des batitures.

2.° Il y a des affineurs qui, au lieu de porter tout de suite la loupe sous le marteau, la laissent refroidir d'elle-même à côté du creuset, ou dans l'eau, et la refondent ensuite.

Cette seconde fusion peut être utile à la fonte blanche trop chargée de laitier, parce que le fer s'épure mieux par ce traitement; mais cette opération renchérit le fer, car, au lieu d'avoir par vingt-quatre heures douze à treize loupes de 150 livres chacune, on ne peut en faire que sept à huit.

3.° Il y a des pays où, après avoir laissé dégoutter la fonte, on la retire par petites masses, quand elle gêne le vent, et on la refond une seconde fois.

4.° Dans d'autres endroits on laisse ramasser assez de matière pour former la loupe, on la découvre ensuite et la laisse figer pendant une demi-heure; pour lors on la relève avec des ringards, afin que les charbons puissent couler dessous, et on la refond une seconde et même une troisième fois : c'est cette fonte que l'on nomme fonte *mazée*.

Travail de la pièce.

On remet la pièce dans le creuset où la loupe s'est formée; on se sert pour cela d'une tenaille que l'on y fixe à demeure avec un double crochet, et qui sert à la retourner dans le feu. On la place à la même hauteur que la gueuse, entre elle et la tuyère, et on la couvre de charbon. La pièce étant chaude, on la reporte sous le marteau pour l'étirer en plus petites dimensions; on la réduit d'abord à trois pouces d'équarrissage sur toute la longueur qu'elle peut fournir; on forme dans le milieu un étranglement où elle doit être partagée en deux, et dans cet état on la nomme *crénée* : on la coupe tout de suite en deux parties égales pour la rendre plus maniable, et ce sont ces parties que l'on appelle *maquettes* ou *lopins*.

Dans le travail françois, les maquettes passent à la chaufferie; il y a même des forges où l'on y porte tout de suite la pièce; au lieu que dans le travail allemand on continue à chauffer les parties de la loupe à l'affinerie, comme on l'a déjà dit, et on met jusqu'à trois maquettes en même temps au feu. Quand on a retiré la loupe, la première maquette se met à côté de la gueuse, comme à l'endroit le plus chaud, et l'on y fait passer successivement les autres. On étire ces maquettes en barres d'environ deux pouces de largeur et un pouce d'épaisseur.

Cet étirage doit se faire avant qu'il ait coulé assez de fer de la gueuse pour former la loupe, afin que le feu soit libre pour la travailler.

La grosseur des parties de la loupe doit être proportionnée à ce que peut étirer en barres un marteau du poids de 400 livres, en deux chaudes, jusqu'au moment où le rouge disparoît, en observant de ne jamais marteler à froid.

Le fer destiné à être employé en grosses dimensions, doit être mieux soigné que les petites barres, c'est-à-dire, qu'il faut le repasser plus souvent au feu, afin qu'il prenne du nerf au sortir de la maquette.

Il faut de même chauffer plus souvent si le fer provient d'une

fonte grise et qu'il soit nerveux de sa nature, afin qu'il ne se gerce pas sous les coups du marteau.

Quand il ne reste plus qu'un petit bout de la gueuse à fondre, il tombe de lui-même dans le creuset; le moment où il tombe se connoît à un puits qui se forme à cet endroit dans le charbon : ce bout, n'ayant pas dégoutté comme le reste de la gueuse, a besoin d'être plus travaillé; on le tient exposé au vent des soufflets du côté du contre-vent, en le soulevant souvent [1]. Les bouts de la gueuse doivent être réservés pour les fers de petites dimensions.

## *Chaufferie.*

L'opération de la chaufferie consiste à traiter les maquettes depuis leur formation jusqu'à ce qu'elles soient réduites en barres. On a déjà dit que les martinets des chaufferies doivent peser au plus 180 livres, et au moins 100.

Il faut allonger les barres à plusieurs reprises : on commence par étirer la moitié de chaque maquette, et on la laisse refroidir ; la première moitié étirée en barre sert de manche pour remettre l'autre moitié au feu.

Les barres doivent être chauffées au même degré; sans cela elles ne seroient pas homogènes, et il y auroit des parties plus nerveuses les unes que les autres.

Il se détache des maquettes des parties de fer qui tombent dans le fond du creuset, et qui, après trois ou quatre heures, y forment une masse que l'on nomme *loupe de marteleur :* on Loupe de marteleur.

---

1. Dans le pays de Liége et de Luxemborg, on a une mauvaise méthode d'affiner le fer, qui se nomme de haussage et que l'avidité a fait imaginer.

On rapporte la pièce à l'affinerie sous la gueuse, dont les gouttes tombent dessus et en augmentent le volume d'un tiers. On se contente ensuite de la passer sous le marteau avant de la livrer au chauffeur. Ce fer tient encore de la nature de la fonte : aussi ces barres sont-elles très-pailleuses, se séparent souvent en écailles, et éprouvent beaucoup de déchet; ce qui arrive surtout à la fenderie.

étire cette loupe de la même façon que les autres. Pour former ces loupes et leur donner de la consistance, on jette souvent sur le feu des scories métalliques : un marteleur habile en fait par vingt-quatre heures trois ou quatre, pesant chacune 50 à 60 livres. Il ne se forme pas de loupe de marteleur dans le travail allemand, parce que l'on affine et l'on chauffe au même feu, et que les parties de fer qui se détachent des pièces et des maquettes, se mêlent avec celles de la gueuse.

Les barres de fer provenant des loupes de marteleur, contiennent peu de laitier, et montrent beaucoup de perfection au premier travail ; mais ce fer doit être chauffé rarement pour qu'il ne devienne pas trop difficile à souder.

Moyens employés par les maîtres de forges pour faire valoir leur fer.

Ce sont les barres de ces loupes que les maîtres de forges présentent quand ils veulent donner une bonne idée de leur fer. Ils emploient aussi un autre moyen de tromper sur sa qualité; ils font affiner le bout de la gueuse le plus éloigné du fourneau lors de la fonte, parce que l'on sait que ce bout, qui est composé de la fonte du bas du creuset, contient toujours moins de laitier que l'autre : ils ont soin d'ailleurs de le faire fondre le plus lentement possible, de l'étirer à plus de reprises qu'on ne le fait ordinairement, et de le ménager sous le marteau. Il faut que la qualité du fer soit bien mauvaise, pour qu'il ne devienne pas nerveux au moyen de toutes ces précautions; mais il ne faut pas s'attendre que le fer des fournitures suivantes ait la même perfection, les ouvriers étant ordinairement payés au poids.

On peut aussi rendre le fer nerveux, en étirant la maquette d'une épaisseur moins forte qu'à l'ordinaire et en la doublant; ce n'est donc qu'en employant le fer qu'on peut en bien connoître la qualité.

Dénomination du fer des martinets.

Le fer que l'on étire avec les gros martinets se nomme fer de martinet; celui qui n'a que quatre lignes d'équarrissage, et dans lequel les coups de marteau restent imprimés, se nomme

fer crénelé : ce fer est ordinairement employé pour de grands cloux.

## *Fenderie.*

Comme il seroit trop long de réduire à trois lignes d'équarrissage les barres de fer destinées pour les petits cloux, et que d'ailleurs il y auroit trop de déchet en se servant des martinets, on a une machine, nommée *fenderie*, qui partage les barres aplaties en plusieurs barreaux en même temps [1].

Elle est composée de deux cylindres de fer coulé, susceptibles d'être éloignés entre eux d'un intervalle égal à l'épaisseur que l'on veut donner aux barreaux : c'est à ce laminoir qu'on aplatit les lames, et qu'on leur donne l'épaisseur qu'elles doivent avoir. Cylindres.

Il y a dans la même machine deux autres cylindres formés avec des rondelles acérées, nommées rosettes, et espacées entre elles par d'autres rondelles d'un plus petit diamètre et de l'épaisseur des barreaux. Cet assemblage, nommé *espatar*, est monté sur un arbre de fer carré : toutes ces rondelles sont tenues solidement et parallèlement entre elles par quatre boulons à écroux qui les traversent; les deux espatars tournent en sens contraire, et engrènent l'un dans l'autre. Espatars.

Les cylindres et les espatars sont montés à l'extrémité d'une grande roue à eau, et d'un mécanisme de roues dentées. On rougit dans un four à reverbère les barres de fer que l'on veut fendre; on les passe d'abord entre les deux cylindres pour les mettre d'épaisseur, et tout de suite aux espatars, où elles sont fendues.

Comme ces barreaux pourroient, en se formant, s'embarrasser dans l'intervalle des rosettes, on y loge de petites lames mobiles, un peu moins épaisses que les rondelles. Le bout extérieur de ces lames est formé en anneau, et elles sont toutes traversées

1. On peut en voir les dessins dans l'Encyclopédie.

par une verge de fer dans laquelle elles peuvent se mouvoir librement. L'autre bout, qui est droit, est appuyé sur les rondelles de l'espatar inférieur, et coule entre les rosettes sans gêner leur mouvement. Ces lames, se trouvant toujours placées vis-à-vis de l'engrenage des rosettes, contiennent les verges à mesure qu'elles sont coupées, les empêchent de s'y engager, et contribuent à leur équarrissage, parce qu'elles fournissent un point d'appui à la pression des rosettes de l'espatar supérieur.

Charge du four.

On met dans un four depuis 100 jusqu'à 200 livres de fer. Si l'on se sert de charbon de pierre, il faut, avant d'y mettre les barres, le laisser brûler jusqu'à ce qu'il ne flambe plus. Elles ne doivent être chauffées que pendant trois ou quatre heures; ce temps suffit pour qu'elles acquièrent le degré de chaleur nécessaire. Si on les chauffoit plus long-temps, le fer deviendroit cassant à froid: ce qui cependant seroit un petit inconvénient s'il étoit de bonne qualité, parce que le fer ainsi granulé reprend son nerf quand on l'emploie; mais il pourroit, par un excès de chaleur, être rapproché de la fusion.

Noms des ouvriers d'une fenderie.

Un maître-fendeur,
Un chaufournier, et
Un tireur de verges.

Le maître-fendeur est chargé de la construction et de l'entretien de tous les outils; c'est lui qui monte et qui arrange les machines.

Le chaufournier veille sur le four, le charge, en tire le fer, et sert les cylindres et les espatars.

Le tireur de verges les dresse à un petit martinet, et les crénelle.

NB. On peut s'épargner ce travail, et mettre tout de suite les verges en bottes, après les avoir dressées au petit marteau; le crénelage n'ajoute aucun mérite à ce fer dans le commerce, et n'est pas nécessaire. Ce fer se nomme *vergillon*.

## *Renardière.*

Le mot de renardière sert à désigner le feu où l'on refond la vieille ferraille pour la remettre en fer neuf. On a déjà dit que dans quelques provinces ce mot avoit la même signification que celui de *chaufferie.* Le creuset de ce feu a à peu près les mêmes dimensions que ceux des chaufferies.

*Dimensions du creuset de renardière.*

| | | | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|---|---|
| Plaque du fond | longueur | | 2 | 4 | ≠ |
| | largeur | | 1 | 3 | ≠ |
| | épaisseur | | ≠ | 2 | ≠ |
| Plaque de contre-vent | longueur | | 2 | 1 | 6 |
| | hauteur | | 2 | 2 | ≠ |
| | épaisseur | | ≠ | 2 | ≠ |

Elle est inclinée de deux pouces en dedans à la hauteur de la tuyère.

| | | | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|---|---|
| Plaque de rustine | hauteur | | 2 | 4 | ≠ |
| | largeur | en haut | 2 | ≠ | ≠ |
| | | en bas | 1 | 6 | ≠ |
| | épaisseur | | ≠ | 2 | ≠ |
| Plaque de timpe | hauteur | | 1 | 1 | ≠ |
| | largeur | en haut | 1 | 6 | ≠ |
| | | en bas | 1 | 3 | ≠ |
| | épaisseur | | ≠ | 2 | 6 |

Elle est percée des mêmes trous que celle de l'affinerie.

| | | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|---|
| La tuyère | largeur de sa base | ≠ | 1 | 6 |
| | hauteur d'*idem* | ≠ | 1 | ≠ |
| Emplacement d'*idem* | au-dessus du fond | ≠ | 8 | ≠ |
| | du centre à la rustine | ≠ | 9 | ≠ |
| | saillie dans le creuset | ≠ | 3 | ≠ |

Les plaques de ce creuset s'arrangent de même qu'à l'affinerie;

le reste du feu est aussi disposé de même, et les soufflets ont la même longueur.

On ferme le derrière du creuset, en plaçant au-dessus de la rustine une plaque de fonte, ou contre-cœur, coudé en arrière par le bas à angle droit; ce coude lui sert d'appui. La hauteur verticale de la plaque, terminée en arc de cercle en dessus, a dix-huit pouces, et sa base huit.

Du charbon. Le meilleur charbon pour renarder est celui de sapin.

Travail. On remplit d'abord le creuset avec du frasil ou charbon pilé mouillé, jusqu'à la hauteur de la tuyère, et on allume le feu. Il faut, pour laisser chauffer le creuset, s'occuper d'abord de la pièce que la loupe précédente a produite, ainsi que des maquettes de celle d'auparavant. On place la pièce au foyer, et de chaque côté une maquette, dont une moitié a déjà été étirée en barre. On commence par forger celle qui est au contre-vent, comme étant toujours la plus tôt chaude; on y passe ensuite celle de la tuyère pendant qu'on étire la première.

Quand la pièce est chaude, on la porte au marteau, on l'étire sur quatre pouces d'équarrissage, et on la divise en deux maquettes.

Pendant le martelage de la pièce, on jette des scories métalliques au contre-vent pour servir de bain à la ferraille; peu de temps après on met une première charge de ce vieux fer au contre-vent, pour commencer à l'échauffer, et on en met peu la première fois.

On couvre la ferraille de charbons, et l'on met une seconde charge quand la première est fondue, en continuant jusqu'à ce qu'il y en ait assez pour former la loupe. On a soin de tenir toujours la ferraille de la charge suivante sur le bord du contre-vent, afin qu'elle soit rouge quand on la pousse dans le creuset, et qu'elle ne le refroidisse pas.

Pendant ce temps-là les maquettes s'échauffent, et on les étire successivement : à mesure qu'elles chauffent, on fait couler la ferraille le long du contre-vent.

Le feu étant libre, les charges de ferrailles ne se font plus au contre-vent ; on les jette dans le milieu du feu ; et lorsqu'il y a assez de fer fondu pour former la loupe, on la soulève, et on la travaille. Il suffit de la présenter deux fois au foyer, après l'avoir ramassée en tas avec le ringard.

On a soin de jeter souvent des pelletées de scories métalliques dans le feu, pour suppléer au laitier qui manque à ce fer.

On fait écouler de temps en temps le laitier quand il s'échauffe trop, ou qu'il y en a une trop grande quantité dans le creuset.

On augmente le vent à mesure que le creuset se remplit, et quand la loupe est prête on la porte au marteau.

Il n'en sort pas autant de laitier que des loupes d'affinerie, parce qu'étant le produit du fer battu, elle doit en contenir bien moins.

Cette loupe paroît aussi flamber plus que celles de la fonte.

Le fer ou l'acier qui jette des flammes bleues, est prêt de se dissoudre, et saute par morceaux si l'on frappe dessus.

On peut faire une loupe de renardière de 130 ou 150 livres en une heure et demie : 140 livres de vieux fer rendent 110 livres de fer en barres. On donne au martineur 1300 livres de vieilles ferrailles pour 1000 livres de fer neuf, et 60 livres en argent pour le façonner en barres.

On fait aussi du fer battu dans les renardières avec les petits morceaux de fonte que l'on ramasse dans les forges, et qui sont des parties de platines cassées, d'enclumes, de marteaux, etc.

On les fond une première fois, et on en laisse couler le fer par le trou quarré de la timpe ; il s'en forme des plaques, que l'on traite ensuite à l'ordinaire.

Entretien des marteaux et des enclumes.

Les marteaux et les enclumes des forges s'échauffant beaucoup par le travail, on doit avoir soin, toutes les fois que l'on vient de forger, de les rafraîchir en les arrosant, ou en dirigeant dessus un filet d'eau tirée de celle qui fait aller la roue des soufflets.

Ce filet sert aussi à décaper les barres de fer quand on les



passe sous le marteau ; l'eau, se réduisant en vapeurs en tombant sur le fer chaud, détonne et en détache les scories.

Quand les marteaux et les enclumes de fer coulé ont perdu leur poli, on les taille avec des ciseaux en sens croisé ; on les unit ensuite avec une pierre plate de grès d'environ douze à quinze pouces de longueur et six à huit pouces de largeur. Cette pierre est contenue dans un châssis de fer qui a deux branches sur les deux petits côtés qui ont des douilles verticales, dans lesquelles on passe une double poignée de bois de huit à dix pouces de longueur, qui sert à manœuvrer la pierre.

## CHAPITRE X.

### *Formation du fer battu.*

Il est vraisemblable que dans la fusion de la mine les parties métalliques du fer se forment en globules, et que dans le fer de fonte, en fusion, elles nagent dans une mer de laitier.

On peut donc considérer le fer de fonte comme composé de globules métalliques et d'un corps intermédiaire plus fusible qu'eux.

Si l'on suppose qu'on fasse écouler ce corps à un degré de chaleur qui ne soit pas assez fort pour fondre le fer, la fonte, après cet écoulement, doit être pareille à une eponge dont les vides désignent la place qu'occupoit le laitier : telle est la fonte qui a été refondue un certain nombre de fois.

Comme cet écoulement n'est jamais total, au degré de chaleur ordinaire, il ne sort du fer, en le forgeant, que le laitier qui est près de sa surface : celui qui est dans l'intérieur, quoique rendu liquide par la chaleur, ne trouvant pas d'issue pour parvenir tout à la surface, reste dans le fer, se prête à l'extension, et se consolide quand le fer se refroidit.

Si le refroidissement est prompt, et qu'il s'opère, par exemple, en trempant le fer dans l'eau, étant rouge blanc, le laitier se trouve fixé en bain, tel qu'il étoit pendant la fusion : au lieu que s'il se fait lentement, le laitier se condense autour des globules qu'il enduit, et laisse des vides dans leurs interstices. Il n'y a qu'une fusion totale qui puisse rétablir le désordre qui existe dans le fer de fonte.

S'il reste assez de laitier dans le fer battu pour remplir tota-



lement ses interstices, il sera très-compact et participera de la consistance du laitier : il sera dur et cassant comme lui.

Si au contraire il conserve peu de laitier, il y aura des vides. Il en sera du fer battu comme du fer de fonte : celui dont les pores seront remplis de laitier, sera luisant, et l'autre sera terne; par la raison que le premier réfléchira tous les rayons de lumière qu'il recevra, et que le second les absorbera.

Les grappes de globules métalliques peuvent être considerées comme l'origine des fibres du fer qui sont filées sous le marteau, et qui prennent de l'extension à mesure que la barre s'allonge : plus sa longueur augmente, plus ses fibres deviennent déliées.

Le laitier dont les globules sont enduits, et qui leur sert de soudure, s'interpose en se fondant entre les fibres, se prête à l'extension qu'on leur donne, et se loge en plus ou moins grande quantité dans les canaux que forment les intervalles des fibres; de sorte que le laitier remplit deux objets en même temps, celui de former la continuité des globules dans les fibres, et celui de remplir leurs interstices.

Le degré de chaleur que l'on donne au fer pour le forger, s'il suffit pour mettre le laitier en fusion, le dispose à être exprimé sous les coups de marteaux à travers les pores du fer; mais quelque degré de chaleur et quelque extension qu'on lui donne, il en conserve tant que les parties métalliques ont de la liaison.

Cette union est si intime qu'après le plus grand nombre de chaudes que l'on peut donner aux barres, en les passant à chaque fois sous le marteau, le fer finit par s'exfolier au lieu de se désunir : la chaleur de l'écrouissement fond le laitier qui tapisse les fibres et qui les unit entre elles, mais n'en interrompt pas la liaison.

Les faisceaux de fibres dont une barre est composée, si elle est assez ramollie par la chaleur pour que la compression du marteau se fasse sentir jusque dans le milieu de son épaisseur,

prennent la figure de l'extérieur de la barre dont elles font partie; si on lui donne plus de largeur que d'épaisseur, elles se filent plates, et elles deviennent quarrées si l'on entretient ces deux dimensions égales.

Les barres du même fer qui sont le plus aplaties, sont les plus nerveuses, c'est-à-dire, se déchirent quand on veut les casser en les pliant, par la raison sans doute qu'elles ont perdu plus de laitier que celles qui restent plus épaisses.

Il faut qu'un fer soit bien mauvais si, étant réduit sous le gros marteau à six ou sept lignes, quarré ou platiné, il ne prend pas du nerf. Le fer d'une barre épaisse que l'on rend très-mince à la première chaude sous un gros marteau, ne se perfectionne pas autant que celui dont la barre a passé plusieurs fois au feu et que l'on a étirée à plusieurs reprises, par la raison que l'on n'a pas laissé au laitier assez de temps pour s'écouler.

Quelqu'extension que l'on donne au fer, sans le doubler, et surtout si on l'entretient quarré, les veines de nerfs et de grains dont la barre étoit composée se conservent les mêmes, aux dimensions près qui diminuent, ainsi qu'on l'a déjà dit.

Observation.

On répète ici que si l'on chauffe assez un fer nerveux pour ramollir ces fibres, elles se soudent par gerbes, et leur cassure, au lieu de se déchirer, forme des surfaces en se séparant, et présente l'apparence d'un mauvais fer; mais il faut bien se garder de les confondre. Le fer nerveux, ainsi brillanté par un trop violent degré de chaleur, reprend son nerf si on le réchauffe foiblement et qu'on le martelle; les coups de marteau rétablissent ses fibres dans leur état naturel par la vibration qu'ils occasionnent, et le laitier reprend sa place autour d'elles : au lieu que le fer naturellement brillant conserve son apparence, quelqu'extension qu'on lui donne, avec la différence que ses grains diminuent de grosseur à mesure qu'on le réduit à de moindres dimensions.

## *Observations sur la fusion des mines et l'affinage du fer de fonte dans certains pays.*

En Styrie. Il y a deux manières de fondre le fer en Styrie. Les fourneaux ont à peu près la forme de ceux de France; mais ils n'ont que onze à douze pieds de hauteur. [1]

Fusion. On n'emploie pas de fondant pour les mines de cette province; on coule toutes les quatre heures 500 livres de fonte, dans un bassin fait avec une *brasque* composée de parties égales de charbon pilé et d'argile; ce bassin a environ un pouce de profondeur, et quatre pieds de diamètre. La fonte étant mince est plus tôt pénétrée au rôtissage et se fond plus facilement à l'affinerie. On ne travaille pas la fonte dans le fourneau pour en séparer le laitier, on le laisse couler avec la fonte. On jette de l'eau sur ce fer pour en détacher les scories, qui s'en séparent lorsqu'il est refroidi. On casse la plaque en morceaux; on recharge le fourneau après la coulée, en observant que, comme il est plus chaud, on peut diminuer la quantité de charbon.

La fonte de la première charge est blanche et très-cassante: on la préfère pour faire de l'acier. Les fontes des charges suivantes sont plus grises et plus tendres. Si l'on veut se procurer une plus grande quantité de fonte blanche, on diminue le charbon.

On rôtit la fonte blanche cassée pendant quatorze ou quinze heures dans des espèces de fourneaux de liquation à soufflets; elle y prend un peu de malléabilité. Les morceaux sont presque tous collés ensemble, et ils se cassent difficilement: il y a même des parties qui se plient comme du plomb.

En Styrie. Affinerie. Pour affiner cette fonte, on forme avec ses morceaux une trousse de 100 livres qu'on met en fusion. On a soin d'arroser le feu avec de l'eau où l'on a délayé de l'argille; on laisse consolider la fonte au fond du creuset, et on la porte au martinet.

---

1. Jars en donne les dimensions dans ses Voyages métallurgiques.

On grille la fonte tendre avant de l'affiner. Ce grillage se fait sur un foyer dans toute la longueur duquel il y a un canal, dans la direction de la tuyère. On y arrange les morceaux de fonte à plat, et sur ceux-ci on en place un rang verticalement serrés les uns contre les autres; on couvre le tout de frasil humecté et battu, et on met le feu au canal avec un fer rouge.

Au bout de seize heures 3000 livres de fonte sont suffisamment grillées. On en trouve des morceaux malléables.

On porte le fer ainsi préparé à l'affinerie. On met quinze pouces de frasil bien damé dans le creuset, et on achève de le remplir de gros charbons. L'opération dure quatre heures pour le fer; on ajoute quelques pelletées de scories, et l'on fait écouler fort peu de laitier.

On divise la loupe avec une tranche en plusieurs morceaux, sans la rassembler ni la cingler : 1000 livres de fonte rendent 770 livres de fer, ou 700 livres d'acier.

Dix-huit heures de travail par jour rendent 700 livres d'acier. En général on peut estimer le déchet à un quart.

On coule toutes les quatre heures dans un bassin rond, qui contient 500 à 600 livres de fonte. Le laitier se ramasse à sa surface; on en retire ce qu'il y a de plus grossier avec un crochet; on jette ensuite, à plusieurs reprises, de l'eau sur ce qui reste, et il s'enlève par feuillets. Autre méthode de couler la fonte en Carinthie.

On continue à jeter de l'eau sur la fonte lorsqu'elle est décapée, et à mesure qu'elle se fige elle s'enlève aussi par feuillets ou par gâteaux d'un ou deux pouces d'épaisseur : plus elle en produit, plus elle est réputée bonne.

On ne coule en lingots ou en gueuse que le fer que l'on veut envoyer dans les forges éloignées.

La fonte en gueuse est fondue de nouveau quand on veut l'employer en fer ou en acier, et enlevée du creuset par feuilles au moyen de l'eau qu'on jette sur la loupe. Affinerie.

Quand on veut faire du fer, on grille les gâteaux sur l'âtre





d'un fourneau fait exprès; et pour en faire de l'acier, on ne lui fait pas subir le grillage.

On prépare le fond du creuset à l'ordinaire avec du frasil que l'on charge de charbon; on commence de même par étirer les maquettes du travail précédent, et cette opération dure une heure et demie. Le fourneau étant alors échauffé, on fait fondre la gueuse, dont on forme de petites loupes qu'on nomme *masseaux*. Ces masseaux se broyeroient sous le marteau si l'ouvrier ne les plongeoit pas dans l'eau avant de les battre, afin d'affermir leur surface : il les ménage aussi, les battant d'abord lentement, et il parvient ainsi à forger les barres sans crevasses.

Les masseaux étant forgés en barres et ensuite en lames, on en fait deux trousses que l'on met au feu en même temps; l'une se place au contre-vent, et l'autre plus près de la tuyère : celle-ci est fondue dans une heure et demie, et l'autre dans deux heures; il s'en forme une loupe de 150 livres que l'on travaille et martelle à l'ordinaire.

En Savoie. On pratique le creuset dans du frasil pressé avec une petite dame de fer terminée en prisme : la tuyère ne saille dans cette cavité que de deux pouces, quoiqu'elle dépasse le mur de sept. On emploie quatre heures à chauffer et à étirer les masseaux de la fonte précédente.

Affinerie. Le creuset étant chaud, on enlève les scories et le charbon rassemblés dans le fond; on conserve du laitier fluide, et on le couvre de gros charbons sur lesquels on met six petites gueuses les unes sur les autres. On les couvre de scories métalliques et de charbons; on souffle d'abord à petit vent, et vers la fin on le lâche en entier : le tout est fondu complétement en quatre heures.

On découvre le creuset quand la matière est bien liquide; on y plonge une perche avec laquelle on la soulève, et on la laisse tomber en pluie sur une couche de scories métalliques préparée à côté du creuset; on jette à mesure de l'eau dessus pour faire

figer les petites masses de fer. On les grille ensuite, et on les refond en faisant descendre la matière dans le creuset par le côté du contre-vent.

Pendant cette fusion on chauffe les masseaux de la fonte précédente. Il faut, pour pouvoir les manœuvrer sous le marteau, souder un manche ou *crosse* à la masse qui se forme dans le creuset.

On compte aussi en Savoie un quart de déchet de la fonte au fer battu.

A Allevard en Dauphiné.

On charge les hauts fourneaux vingt-cinq fois en vingt-quatre heures.

Fusion.

On écume le creuset de demi-heure en demi-heure, mais on a soin de ne toucher à ses parois qu'une heure avant de couler.

On fait écouler le laitier par un trou destiné particulièrement à cet usage, et qui n'est pas le même que celui par où sort la fonte. A mesure qu'on fait couler la matière on en agite la surface.

Moyen de tirer d'une mine quelconque le meilleur fer qu'elle peut produire.

Il faut choisir la meilleure mine qu'on peut se procurer, la bien nettoyer, y mêler les doses de charbon et de castine reconnues les mieux proportionnées à la mine, et observer l'exactitude des charges; laisser un libre écoulement au laitier, et l'aider souvent; couler de petites gueuses en prisme de six pieds, et les faire fondre à l'affinerie, goutte à goutte; prendre enfin toutes les précautions exigées pour un bon affinage, selon la nature de la fonte, c'est-à-dire, faire écouler souvent le laitier si elle est blanche, et au contraire en ménager l'écoulement si elle est grise. On répète ici que le laitier qui découle blanc annonce un bon fer, et que c'est le contraire lorsqu'il est rouge; cette couleur caractérise un fer qui sera cassant, parce qu'il est mal purifié.



## CHAPITRE XI.

### *Analyse du fer de fonte.*

On distingue trois espèces de fontes de fer; la blanche, la grise et la noirâtre. La première est de la couleur de l'étain, la seconde de celle du fer battu, et la troisième d'un gris plus foncé.

La couleur des fontes dépend de l'arrangement que prennent entre elles les parties métalliques, pendant qu'elles sont, pour ainsi dire, noyées dans le laitier en fusion.

Les circonstances du refroidissement contribuent aussi à la blancheur que prend la fonte grise, en fixant le laitier pendant qu'il est en fusion. Plus la fixation est lente, plus le fer conserve sa couleur naturelle : il doit par conséquent y avoir des fontes grises de plusieurs nuances.

La fonte noirâtre n'est plus foncée que la grise que parce qu'elle contient moins de laitier.

La blancheur de la fonte peut aussi venir de la bonne ou mauvaise fusion de la mine. Celle qui a été mêlée avec une dose de fondant et une quantité de charbon bien proportionnées à celle de la mine, avec un vent bien réglé, est dans son état naturel; mais si toutes ces précautions n'ont pas été observées, la fonte reste plus blanche qu'elle ne l'auroit été, parce qu'alors elle a retenu plus de laitier.

Il y a des fontes très-blanches et très-brillantes qui tiennent leur blancheur d'un mélange de métal blanc ou d'un demi-métal, ainsi qu'on le verra dans la suite.

La fonte blanche, comme on l'a déjà dit, prend cette appa-

rence parce que ses pores sont remplis de laitier, et sa cassure, par cette raison, réfléchit tous les rayons de lumière ; au lieu que la fonte grise est terne, parce que ses pores sont vides et les absorbent en grande partie.

On a aussi observé qu'il y a des fontes grises d'une infinité de nuances : elles sont d'autant plus foncées qu'elles contiennent moins de laitier. Celle qui est noirâtre annonce, en général, qu'il y a eu trop de charbon dans le mélange en proportion de la mine, et qu'il s'en est trop écoulé de laitier, parce que le feu a été trop violent. Les loupes de cette fonte, manquant de liaison, sont très-difficiles à réunir, et il faut beaucoup de ménagement pour en former des barres : le fer battu que l'on en tire, est ordinairement gercé et difficile à souder.

L'on peut rendre à volonté la fonte blanche ou grise, en augmentant ou diminuant la quantité du charbon : s'il y en a beaucoup, il rend plus fluide le laitier, qui alors surnage librement les parties métalliques, et s'en sépare mieux; d'où il résulte une fonte grise.

Si le fourneau est chargé de moins de charbon, la fonte reste blanche, parce que, le laitier étant moins liquide, elle en conserve davantage.

C'est par cette raison que pour rendre la fonte traitable au foret et à la lime, on augmente la dose de charbon ; mais il faut employer ce moyen avec ménagement, sans cela il en résulte une fonte sans liaison.

Il y a une autre espèce de fonte que l'on nomme *persillée*, qui est le signe d'une digestion intermittente du fourneau; c'est un mélange de matières qui n'ont pas été fondues également.

Quand la fonte est d'un gris plombé et peu luisante, on dit que le mélange a été bien combiné, et le feu bien ménagé et égal, en sorte que le laitier, rendu très-fluide, a pu se dégager des parties métalliques.

Cette fonte est moins fragile, plus tendre à la lime et plus

pesante [1] que la blanche; elle éprouve aussi moins de déchet à l'affinage.

Le bout de la *gueuse* le plus éloigné du fourneau doit contenir moins de laitier que celui qui en est le plus près, parce qu'il est formé avec le fer du fond du creuset, où il y en a le moins. Cependant ce bout est ordinairement le plus blanc, à cause de l'humidité du sable dans lequel on a coulé, et qui y fixe promptement le laitier, au lieu que l'autre bout est coulé sur du sable desséché par le passage successif du fer de la *gueuse*. La configuration intérieure du fer dépend donc dans ce cas des circonstances de son refroidissiment, ainsi qu'on le verra ci-après.

La fonte blanche n'est plus cassante que la grise, que parce qu'elle contient plus de laitier; ce verre se trouvant interposé en trop grande quantité entre ses parties métalliques, il rend sa consistance plus dure [2] et plus cassante. On peut s'en convaincre en employant la lime sur cette espèce de fonte mixte.

La faculté qu'on a de faire à volonté de la fonte blanche ou de la fonte grise, en employant plus ou moins de charbon en proportion de la mine, fournit le moyen d'adoucir le fer des canons pour pouvoir les forer et les tourner. Mais il est dangereux d'outrepasser cette combinaison, et de trop appauvrir le fer de son laitier; car en le rendant trop fluide par le trop de charbon, il ne conserveroit pas assez de laitier, et les parties métalliques manqueroient de liaison. « Il n'est pas suprenant que des canons « de pareille fonte soient sujets à éclater, quelque doux que le « fer ait paru au foret et au couteau ».

Toutes les fontes en général se brisent sous le marteau étant rouges, parce que les parties métalliques, n'ayant pas été filées

1. Le moyen proposé par M. de Buffon, de peser la fonte pour en connoître la qualité, est bon en général; cependant on ne peut pas dire que la noirâtre, par exemple, qui contient moins de laitier, soit la meilleure.

Vingt-unième expérience. 2. Les scories vitrifiées qui se ramassent à la surface d'un culot de fer fondu dans un creuset, sont plus dures à la lime que l'acier le mieux trempé.



sur l'enclume, n'ont pas encore de continuité entre elles, et qu'en chauffant la fonte au degré qui fait couler le laitier, leur liaison est facile à rompre : c'est pour cela que la fonte noirâtre, qui est très-appauvrie de laitier, est très-cassante à chaud.

On pourroit conclure, d'après ces observations, que la fonte doit être considérée comme un assemblage de parties métalliques enveloppées de plus ou moins de laitier ; que ce mélange, en se consolidant, forme une masse dans laquelle ces parties métalliques, qui sont les élemens des fibres du fer, ne sauroient assez se rapprocher, tant qu'on laisse subsister dans leurs interstices le laitier excédant à celui qui est suffisant pour leur soudure : c'est l'objet de l'affinage de leur enlever cet excédant. Sans ce laitier interposé entre elles la fusion en auroit constitué un corps homogène, comme les autres métaux.

En examinant les fontes dans leurs différens états, je me suis convaincu que l'humidité influoit effectivement sur leur changement de couleur, et qu'elle rendoit blanches les parties de la fonte grise qui, lors de la fusion, en avoient éprouvé l'effet; j'ai aussi remarqué que plus le refroidissement étoit prompt, plus cette fonte devenoit blanche. D'aprés cet aperçu je me suis réservé de traiter à fond, à l'article de l'analyse des fontes, tout ce qui pouvoit avoir rapport à ce changement de couleur dans les différentes circonstances du refroidissement.

Je me contente de faire ici quelques observations sur la fonte des boulets, des bombes et des canons.

Le fer des boulets est moins compact vers le centre qu'à leur surface, parce qu'en coulant dans le moule, il y est dans une grande agitation, et y acquiert, par la réaction qu'il éprouve contre ses parois, un mouvement de rotation qui produit l'effet du crible, et qui réunit au centre les parties les plus légères, c'est-à-dire, le laitier et les autres scories. D'ailleurs, comme la surface du boulet est figée la première, une fois qu'elle l'est, elle ne se prête plus à la condensation que produit le refroi- Vingt-deuxième expérience.



dissement, et le fer du centre reste plus poreux que celui qui est près de la circonférence.

Le fer est plus blanc à la surface, parce qu'elle se refroidit la première, et que le laitier qui s'y trouve est fixé par l'impression du moule.

Le laitier se rassemble en plus grande quantité au centre que vers la circonférence, d'abord parce qu'il y est chassé par le mouvement de rotation dans le premier moment, et ensuite par la raison que, les parties métalliques se figeant successivement par couches concentriques, en commençant par la surface, forcent le laitier, qui reste plus long-temps fusible, à se porter vers le centre. Ces parties métalliques, en se rapprochant, font sur le laitier un effet pareil à celui des doigts lorsqu'on presse un noyau de cerise.

Vingt-troisième expérience.

Le fer d'une bombe est aussi plus blanc à sa surface extérieure par l'impression de l'humidité du moule, et parce que le noyau ou la forme de son intérieur, étant toujours très-sec, n'occasionne aucun changement dans la cristallisation naturelle du métal.

Le fer d'un canon acquiert, en coulant dans le moule, le même mouvement de rotation que celui des boulets : il se réunit aussi une plus grande quantité de laitier dans le centre. Cet effet, et surtout celui du refroidissement successif du métal, est connu dans les canons de bronze.

L'étain, que l'on peut comparer au laitier avec lequel les parties métalliques sont mêlées, est toujours en plus grande quantité au milieu que vers la surface; et si dans l'alliage on ne forçoit pas la dose de l'étain, il n'en resteroit pas assez dans le canon après le forage, le foret en emportant une très-grande partie.

# CHAPITRE XII.

## *Recherches sur la connoissance du fer de fonte.*

On juge ordinairement de la qualité du fer de fonte à la couleur de son grain, et la blancheur étant réputée le signe du mauvais fer, il m'a paru intéressant de rechercher les causes auxquelles on doit l'attribuer.

On a dit ci-devant que la blancheur du fer de fonte dépend en général de l'abondance de son laitier : elle dépend aussi des circonstances de son refroidissement, qui, s'il est prompt, fixe dans la fonte grise le laitier en fusion répandu alors parmi ses parties métalliques, et ne lui laisse pas le temps de se rétablir dans les interstices du fer.

Ce refroidissement, qui est bien marqué dans la fonte grise, ne se distingue dans la fonte blanche que par les nuances et le brillant de sa couleur naturelle.

On remarque dans l'une et dans l'autre que l'effet du refroidissement fixe le laitier à une distance d'autant plus grande de la surface, qu'il a été occasioné par une plus grande fraîcheur.

Il y a des fontes très-blanches, brillantes, striées et miroitées, et qui ont l'apparence d'un demi-métal.

On ne peut donc juger de la qualité du fer à l'inspection de la fonte : ce n'est qu'après l'avoir affiné et employé qu'on peut en décider.

Je vais donner les expériences faites sous mes yeux de toutes ces fontes, en commençant par la grise, parce que c'est sur elle que l'effet du refroidissement, qui est ici le principal objet de mes recherches, se distingue le mieux.

## *Expériences sur le fer de fonte.*

Examen de la grenure du fer de fonte.

J'ai eu occasion de comparer les différentes grenures du fer de fonte sur un assez grand nombre de plateaux rassemblés par ordre du Gouvernement, pour découvrir une fonte qui donnât de l'acier propre aux armes blanches, et qui remplaçât celui que l'on étoit obligé de tirer de l'étranger. Ces plateaux avoient été commandés dans les forges les plus renommées du royaume; ils avoient tous environ trente pouces de longueur sur dix-huit de largeur, et deux pouces d'épaisseur.

Vingt-quatrième expérience.

La fonte de plusieurs de ces plateaux étoit blanche; quelques-uns étoient de fonte persillée, et d'autres blancs, brillans et miroités : on y remarquoit des vides formés par des lames extrêmement minces et qui se croisoient en différens sens. Le reste de ces plateaux étoit de fonte grise.

Examen de l'effet que produit l'humidité sur la couleur que prend le fer coulé.

Ces plateaux portoient tous l'empreinte du refroidissement occasioné par l'humidité du sable dans lequel ils avoient été coulés. Cette cause avoit agi plus profondément aux angles du dessus que dans ceux du dessous, par la raison sans doute que la chaleur du fer ayant été plus forte à la base, elle avoit desséché le sable plus promptement.

Les côtés des plateaux étoient de la même nuance que les angles, mais à une moins grande profondeur.

Cet effet de l'humidité se distinguoit dans la fonte; la plus grise a des grains plus gros et plus luisans à la surface que ceux du reste de leur épaisseur.

Vingt-cinquième expérience.

1.re fusion dans le sable peu humecté.

On a coulé avec de la fonte grise, et du même jet, trois plaques d'environ huit lignes d'épaisseur. Le grain d'une de ces plaques est devenu plus brillant que celui de la fonte d'origine; et ses bords étoient plus blancs et plus luisans que son intérieur.

2.e fusion dans le sable très-humecté.

La plaque coulée dans du sable très-humecté étoit en général plus luisante que la première, et avoit même pris de la blancheur, surtout dans ses bords.

Le plus prompt refroidissement devant se faire dans l'eau, on y a coulé la troisième plaque, et l'on a observé dans les masses irrégulières qu'on a retirées du fond du vase, 1.° que les bords et le dessous des plus épaisses avoient l'apparence de la fonte blanche, tandis que le milieu étoit terne : leur surface supérieure étoit blanchie, comme les bords, sur une épaisseur très-mince formée par la nappe de laitier qui se répand toujours en dessus du fer de fonte au moment qu'il est consolidé et refroidi promptement. 3.° fusion dans l'eau.

2.° Que la fonte grise, refondue et refroidie promptement, devient blanche et même striée si elle n'a que trois ou quatre lignes d'épaisseur.

Après avoir examiné l'effet des degrés d'humidité sur la couleur de la fonte, on a cherché à connoître ce que produiroient sur elles les différentes épaisseurs. Examen de l'effet du refroidissement sur les différentes épaisseurs du fer de fonte.

On a coulé du même jet avec de la fonte grise, dans du sable peu humecté, 1.re fusion. Vingt-sixième expérience.

1.° Une plaque de dix-huit lignes d'épaisseur, dont le grain a été plus gros et plus luisant que celui de la fonte d'origine;

2.° Une plaque de huit lignes, dont le grain a été plus compact que celui de la première plaque, et dont les bords et le dessous ont pris de la blancheur;

3.° Une plaque de quatre lignes, dont la fonte a été encore plus blanche que celle de la deuxième, et qui étoit même striée.

Pour connoître ce que deviendroit le fer de ces plaques en les refondant, on a choisi la troisième comme étant la plus blanche, et on l'a coulée en plaque de huit lignes d'épaisseur. A cette première refonte le fer a perdu de son brillant, mais il est resté blanc. On en a refondu une partie, et cette deuxième refonte a peu différé de la première, sans doute par la raison que les deux plaques étoient à peu de chose près de même épaisseur. Ayant peu différé l'une de l'autre, on les a refondues ensemble; et l'espèce de plaque qui en est résultée, ayant diffé- Vingt-septième expérience. 1.re refonte. 2.e refonte. 3.e refonte.

rentes épaisseurs, on a remarqué que les parties les plus minces étoient les plus blanches. Ce qui prouve encore l'effet des circonstances du refroidissement.

### *Expériences sur une fonte persillée participant de la fonte blanche et de la grise.*

Vingt-huitième expérience. Le plateau de fonte d'origine avoit dix lignes d'épaisseur, ses bords étoient blancs et même striés, le reste de son épaisseur étoit d'une nuance plus terne.

1.re fusion. La plaque de six lignes d'épaisseur qu'on en a d'abord coulée, a acquis de la blancheur et est devenue plus compacte : ses stries ont été mieux marquées que dans le plateau.

1.re refonte. On a refondu plusieurs fois cette première plaque, toujours à environ six lignes d'épaisseur. La première refonte a été plus compacte et plus terne que ne l'étoit la plaque : ses stries étoient aussi plus rapprochées les unes des autres.

2.e et 3.e refontes. Les plaques de ces deux refontes avoient pris la couleur du milieu de la première.

4.e refonte. Même apparence en général que les deuxième et troisième refontes, mais parsemée de cavités globuleuses que l'air dilaté de l'intérieur avoit sans doute occasionées.

5.e refonte. Cette refonte a produit une masse informe et cariée, dont les grains étoient beaucoup plus ternes que ceux de la précédente. D'après cela j'ai jugé inutile de continuer cette opération.

Conclusion. On a répété plusieurs fois les mêmes opérations pour mieux s'assurer de l'influence de l'humidité du moule et de l'effet du refroidissement sur les différentes épaisseurs des plaques refondues, et on a toujours eu les mêmes résultats.

Cependant, pour mieux se convaincre de la progression du refroidissement sur lequel influent ces deux causes, on a choisi de la fonte noirâtre compacte et un peu luisante, et dont le plateau avoit deux pouces six lignes d'épaisseur. Il a fallu, pour

Vingt-neuvième expérience.

en détacher un morceau, employer un grand nombre de coups de marteau : preuve de sa ténacité.

La première fusion a été faite dans une brique creusée de la profondeur de neuf lignes, afin d'éviter les effets de l'hnmidité ; et l'on a recouvert la fonte tout de suite avec du sable bien sec. 1.re fusion de neuf lig. d'épaisseur.

La couche supérieure de la plaque étoit plus luisante et plus compacte que la fonte d'origine, mais le reste en différoit infiniment peu.

On a fondu de la même fonte d'origine et on l'a coulée dans du sable un peu humecté. Quoique cette plaque n'eût que six lignes d'épaisseur, elle ne différoit de la précédente que parce qu'elle étoit plus luisante et plus compacte aux angles, sur les côtés et dans le dessous, qu'ailleurs : effet déjà connu de l'humidité du sable. 2.e fusion de six lignes.

On a coulé de la même fonte d'origine dans du sable très-humecté, et on l'a recouverte tout de suite avec le même sable, que l'on a entretenu mouillé jusqu'à ce que la plaque ait été refroidie. L'apparence en général de cette plaque s'est trouvée la même que celle de la précédente ; mais toutes les figures que formoient les assemblages de grains, ainsi que les endroits plus luisans que les autres, s'étoient rétrécis, et les grains en étoient plus petits. 3.e fusion de six lig. d'épaisseur.

On a coulé toujours de la même fonte d'origine dans du sable encore plus hnmecté que celui de la troisième fusion, et il en est résulté une plaque informe, qui, dans ses parties les plus minces, étoit plus compacte que la dernière, et ses grains beaucoup plus petits : les parties épaisses avoient conservé la même apparence que la précédente, mais la surface de la plaque étoit boursouflée dans plusieurs endroits. 4.e fusion de cinq à six lignes d'épaisseur.

La cinquième et dernière coulée a été faite dans l'eau. La masse qui en est résultée étoit d'un grain plus petit et plus luisant que la précédente : ses angles, ses côtés et son dessous, 5.e fusion.

avoient à l'ordinaire plus d'éclat que le reste ; il s'y étoit formé des miroirs et des stries parsemés de grains ternes.

Il y avoit dans les parties les plus épaisses de la plaque des boursouflures, dont les cavités étoient tapissées d'un enduit blanc et luisant, et à l'extérieur, elles étoient ternes et noirâtres comme le fer qui a été rougi.

Les parties minces étoient encore plus éclatantes et plus blanches que les côtés et le dessous des autres.

Conclusion.

On remarque dans cette opération que la fonte n'a blanchi que lorsqu'elle a été coulée dans l'eau ; ce qui prouve que cette fonte étoit très-pauvre de laitier.

Il en résulte en même temps, 1.° que la fonte d'origine coulée dans un moule bien sec, comme une brique, conserve à peu près sa première apparence. On peut attribuer le luisant de sa surface au laitier qui a surnagé.

2.° Que les coulées faites dans du sable plus ou moins humecté, sont plus ou moins compactes et luisantes, selon le temps qu'elles ont mis à se fixer.

3.° Que la blancheur de l'enduit des cavités intérieures ne peut être occasionée, ainsi qu'on l'a déjà observé, que par le laitier qui surnage toujours les parties métalliques après qu'elles se sont consolidées, surtout lorsqu'elles n'éprouvent aucun frottement ni le contact du feu.

Il restoit à faire une épreuve sur le fer de fonte, celle qui pouvoit faire connoître combien de fois il peut être refondu avant d'être réduit à l'état d'inutilité.

Pour abréger l'opération, on a employé de la fonte grise comme contenant moins de laitier que la blanche.

Trentième expérience. Épreuve sur le nombre de refontes que le fer de fonte peut soutenir. 1.re fusion.

On l'a coulée dans du sable peu humecté, et chaque fois en une plaque d'environ six lignes d'épaisseur, excepté la première fusion, qui a été faite en un lingot d'un pouce d'épaisseur, dont le grain est seulement devenu plus luisant que celui de la fonte d'origine.

La plaque que cette première refonte a produite, étoit sensiblement plus compacte et plus luisante que celle du lingot, et elle avoit en général une apparence de blancheur. 1.re refonte

La plaque de cette refonte est devenue plus blanche en général que la précédente, et cependant en conservant des grains; mais les bords et le dessous ont pris beaucoup plus de blancheur que le reste. 2.e refonte.

La moindre épaisseur de cette plaque étoit d'environ deux lignes. Elle étoit blanche et ne montroit plus de grains. Les parties épaisses étoient d'autant plus blanches qu'elles avoient moins d'épaisseur.

A cette refonte la plaque étoit entièrement blanche, et les grains en avoient totalement disparu. 3.e refonte. Trente-unième expérience.

On a fait rougir cette plaque sur un feu très-modéré : on ne l'a d'abord chauffée qu'avec du charbon de bois, pour ménager le fer; mais ce feu n'ayant pas eu assez d'activité, la plaque a conservé sa blancheur. Épreuve pour faire écouler le laitier de cette plaque.

On a répété cette opération à un feu de maréchal avec le même charbon, mais animé par un soufflet; pour lors la plaque s'est ternie et a pris des grains : ce qui prouve que pour faire écouler le laitier du fer de fonte, surtout s'il est réfractaire, il faut employer un feu violent.

Le fer est devenu plus terne à cette refonte, et il a montré plus de grains que la plaque de la troisième. 4.e refonte.

Le fer de ces refontes a été coulé dans du sable très-sec. 5.e, 6.e et 7.e refontes.

La cinquième est devenue plus compacte et d'un grain plus fin que la précédente; il s'y est aussi formé des caries.

La sixième a été plus compacte et plus cariée que la cinquième.

La septième et dernière refonte est devenue plus terne, et la masse qui en est resultée étoit presque toute cariée et soulevée inégalement. Les parties solides de cette plaque, quoique métalliques, n'ont jamais pu se refondre, quelque degré de chaleur ordinaire qu'on ait employé.

NB. On a remarqué dans l'opération qui a été faite sur de la fonte noirâtre, que celle qui contient très-peu de laitier ne blanchit que quand on la coule dans l'eau; mais on voit en même temps que, plus le moule est humide, plus le grain des parties qui en ont ressenti l'impression est luisant.

## *Expériences sur la fonte blanche.*

Trente-deuxième expérience.

On a repété sur la fonte blanche les mêmes opérations qu'on a faites sur la grise, et l'on a obtenu les mêmes résultats, avec la seule différence que l'effet du refroidissement y a été marqué par plus de blancheur et plus d'éclat. Il paroît suffisant d'en donner un exemple.

1.re fusion d'une fonte blanche.

On a coulé une plaque de huit lignes d'épaisseur avec une fonte blanche ordinaire : elle a conservé la même apparence que la fonte d'origine.

1.re refonte.

On a refondu cette plaque : sa blancheur a un peu pâli et ses miroirs se sont ternis.

2.e, 3.e et 4.e refontes.

A la deuxième refonte le fer est encore devenu plus terne, et à la troisième il a scintillé dans la cuiller et s'est terni.

A la quatrième il est devenu infusible et est resté en pâte.

Trente-troisième expérience.

Épreuve sur la masse de la 4.e refonte.

On a essayé de mettre cette masse en barres. Pendant qu'on la chauffoit, il s'en est écoulé un laitier noir, luisant et cassant, pareil à celui qui découle de la mine ; au lieu qu'on a vu que celui de la fonte grise, sans doute à cause de la moindre quantité qu'elle en contient, se réduit en scories boursouflées, noires et friables, comme celles qui se forment sur la fonte que l'on jette en moule, et qui se reproduisent pendant tout le temps que le fer est rouge, et à mesure qu'on en racle la surface.

Remarque.

On a observé que si pendant qu'on chauffe la fonte dans une cuiller on en fait écouler tout le laitier qui se montre, avant que la masse soit ramollie et assez chauffée pour être étirée, elle

se divise en éclats sous le marteau, et l'on ne peut parvenir à en réunir les morceaux; au lieu que, si l'écoulement du laitier n'a pas lieu, la réunion peut se faire; et si on chauffe la masse à petit feu et qu'on la batte légèrement à plusieurs reprises, elle s'étire en barre.

Ce qui confirme qu'on peut regarder le laitier comme la soudure du fer.

On a déjà dit que les fontes blanches tenoient en général leur blancheur du laitier; mais il y en a de si brillantes, de si striées, et dont le fer battu est si intraitable, qu'il a paru utile de chercher à découvrir ce qui pouvoit contribuer à cette différence, que les ouvriers attribuent communément aux substances sulfureuses et arsénicales.

Ces expériences ont été faites sur deux sortes de fontes très-brillantes, très-miroitées et striées, qui avoient l'apparence des demi-métaux; on les a traitées comme les précédentes. Trente-quatrième expérience.

La fonte à sa première fusion étoit miroitée et striée. Les miroirs et les stries se sont ternis, et la fonte en général est devenue plus compacte. 1.re fusion en plaque de huit lign. d'épaisseur de l'une des fontes.

On a refondu cette plaque en un lingot de quinze à seize lignes d'épaisseur; la fonte est devenue encore plus compacte, et les miroirs ainsi que les stries ont disparu. 1.re refonte en lingot.

Ce lingot n'a différé du premier que parce qu'il étoit plus terne. 2.e refonte.

Le fer a eu à peu près la même apparence que celui du second lingot, mais il étoit un peu moins luisant. 3.e refonte.

Cette refonte n'a produit qu'une masse informe, dont la surface étoit boursouflée; l'intérieur des soulèvemens, dont quelques-uns avoient jusqu'à neuf lignes de hauteur, étoit tapissé d'un enduit blanc et luisant. 4.e refonte.

On a fondu cette masse, qui en a produit une nouvelle de la consistance des scories spongieuses, quoiqu'elle fût encore métallique et pesante. 5.e refonte.

1.re fusion en plaque de l'autre fonte.

On a fait la même opération sur la seconde fonte d'origine ; on l'a coulée en plaque d'environ cinq lignes d'épaisseur : la fonte est seulement devenue plus dense.

2.e refonte remarquable.

On a eu à cette refonte une preuve que le fer contient quelquefois des métaux blancs ou des demi-métaux.

On a vu se former à la surface de la plaque, à mesure qu'elle se refroidissoit, un globule de métal blanc qui a subsisté après son refroidissement. Ce métal ressembloit parfaitement à de l'étain, et on pouvoit l'entamer avec l'ongle.

Cette découverte m'a déterminé à méler avec le fer les métaux qui peuvent se trouver combinés avec lui dans sa mine.

On a préféré la fonte grise, comme ayant moins de laitier. On l'a d'abord mélée avec du cuivre, ensuite avec de l'étain, comme métal blanc; et la troisième opération a été faite avec le zinc, comme demi-métal.

L'alliage du cuivre avec le fer de fonte étoit déjà connu par des expériences faites dans une fonderie royale [1]. Ces expériences avoient appris que la combinaison du cuivre avec le fer subsiste en apparence dans un petit volume, parce que le refroidissement s'y fait promptement, et que les deux métaux n'ont pas le temps de prendre la place que leur pesanteur spécifique leur assigne; mais que dans les grosses masses, où ils avoient cette liberté, le cuivre plus pesant se trouvoit toujours en très-grande quantité dans le bas.

Un charlatan obtint du Ministre de la guerre de faire l'essai d'un canon mélé de fer et de cuivre, prétendant avoir un secret particulier pour conserver le mélange des métaux après le refroidissement, tel qu'il étoit pendant la fusion. On coula d'abord sous sa direction un cylindre de sept pieds de hauteur et d'environ dix pouces de diamètre. On trouva, en partageant ce cylin-

1. A Strasbourg, en 1786.

dre vers le milieu de sa hauteur, que le cuivre s'étoit rassemblé dans la partie inférieure, et le fer dans la partie supérieure.[1]

La combinaison de la fonte de fer avec le cuivre étant généralement reconnue possible, et le fer battu en contenant quelquefois, il a paru nécessaire d'examiner s'il y avoit moyen de l'en débarrasser, d'autant mieux que les ouvriers attribuent souvent au cuivre qu'ils supposent dans le fer, le défaut de soudure. Cela doit arriver lorsqu'il en contient trop, par la raison que le cuivre étant plus fusible que le laitier, il peut être réduit en scories avant que ce dernier, qui est la soudure du fer, soit assez fluide et le fer assez ramolli pour que la soudure puisse avoir lieu.

---

1. Le même homme voulut aussi faire un canon de cuivre rouge pur, qu'il prétendoit savoir durcir au moyen de certaines poudres; mais le canon se gerça au premier coup, et au deuxième il fut hors de service.

## CHAPITRE XIII.

### *Mélange du fer avec différens métaux.*

#### *Alliage du cuivre avec le fer.*

1.re fusion. ON a fondu huit livres de fonte grise avec deux livres de cuivre rouge, et on en a coulé un lingot de deux pouces d'équarrissage et d'un pied de longueur. Le mélange des deux métaux a paru s'être bien conservé après le refroidissement.

1.re refonte. On a divisé ce lingot en deux parties, que l'on a fondues séparément; la plaque qu'a produite la partie inférieure contenoit plus de cuivre que de fer.

Celle de la partie supérieure avoit presque l'apparence de la fonte d'origine, et contenoit cependant quelque peu de cuivre. Cette séparation des deux métaux, qu'on n'avoit pas distinguée dans le lingot, a été bien reconnue dans ces deux plaques.

Épreuve à la forge. On a cherché à séparer totalement le cuivre du fer à une forge de maréchal, et il est arrivé que la plaque cuivreuse s'est assez bien étendue sous le marteau en la traitant avec ménagement, c'est-à-dire, en lui donnant de foibles chaudes et en les répétant souvent.

Il n'en a pas été de même de la plaque ferrugineuse; elle s'est brisée sous les premiers coups de marteau, comme cela arrive à la fonte de fer sans mélange lorsqu'on la bat étant rouge.

2.e refonte. On a ensuite refondu ensemble ce qui existoit des deux plaques, et il en est résulté une masse très-cariée.

3.e refonte. On a inutilement cherché à refondre cette masse, et quoi-

qu'elle fût métallique on n'en a obtenu qu'un culot informe de scories, mais cependant encore pesant.

On a essayé de fondre ce culot, et il ne s'est écoulé de la cuiller que des scories noires, mais pesantes et plus luisantes que celle de la troisième fonte. 4.ᵉ refonte

La cinquième refonte a produit moins de scories, mais elles étoient plus cariées que les précédentes. 5.ᵉ refonte.

Quelque degré de chaleur que l'on ait employé, il n'a rien pu couler de ce qui restoit dans la cuiller. Ce reste étoit une espèce de culot qui tenoit plus du cuivre que du fer : sa croûte s'est détachée de la partie métallique avec le marteau. 6.ᵉ et dernière refonte.

Il résulte de cette opération, 1.° que le cuivre et le fer, en s'alliant, forment un mélange qui paroît homogène, si le volume est petit et le refroidissement prompt; mais que s'il est en grosse masse, les deux métaux prennent entre eux la place que leur pesanteur spécifique leur assigne; Conclusion.

2.° Qu'on ne peut pas refondre leur mélange, même en petit volume, sans l'altérer;

3.° Qu'il se consomme plus de fer que de cuivre à chaque refonte, et que c'est le cuivre qui résiste le plus à la calcination, puisqu'on vient de voir qu'après la sixième refonte le fer étoit réduit en scories, et que ce qui restoit dans la cuiller étoit presque tout cuivre.

On peut donc conclure qu'il est impossible de séparer totalement le cuivre du fer, quelque nombre de chaudes qu'on lui donne; mais que le fer ne peut pas être réputé de mauvaise qualité quand il n'en contient qu'une foible dose, surtout s'il est destiné pour des pièces qu'il ne faille pas souder.

## *Alliage de l'étain avec le fer.*

On a fondu deux livres d'étain avec douze livres de fonte de fer très-noirâtre, provenant d'un vieux poële mince et très-sensible à la 1.ʳᵉ fusion.

lime (on a choisi ce fer parce qu'il sembloit contenir le moins de laitier possible); on en a coulé deux lingots de cinq pouces de longueur, dix-huit lignes de largeur, et huit lignes d'épaisseur : l'un a été coulé verticalement, et l'autre horizontalement.

La fonte du premier étoit blanche, miroitée, striée et n'avoit pas de grains; les miroirs étoient plus brillans et les stries plus rapprochées dans ses bords que dans son milieu.

La fonte du lingot horizontal ne différoit guères de celle de l'autre; mais tous les deux avoient l'apparence des demi-métaux.

Il s'est élevé à la surface du lingot horizontal des globules d'étain. On s'est convaincu, en voulant limer la fonte de ces lingots, que l'étain rendoit le fer extrêmement dur : la lime avoit de la peine à y mordre. Ce métal, en remplissant les pores du fer, fait aussi le même effet que quand il est mêlé avec le cuivre, il le rend d'autant plus cassant qu'il en contient davantage.

2.e épreuve et 2.e fusion.

Pour connoître la différence qu'il y avoit entre la fonte d'origine et l'alliage de l'étain avec le fer, on a fondu de celle-là un lingot sans étain; la fonte est devenue, à l'ordinaire, plus compacte, et son grain plus luisant.

On a mêlé un sixième d'étain avec la fonte d'origine, et on en a formé un lingot qu'on a coulé verticalement et des mêmes dimensions que le premier. Ce mélange a produit une fonte miroitée et très-blanche, comme celle de la première fusion, mais moins éclatante : on a même commencé à y apercevoir des grains.

2.e refonte.

Ce lingot a produit une plaque de six lignes d'épaisseur dont le métal étoit plus terne que le précédent; les grains y étoient mieux marqués, et l'on s'apercevoit sensiblement qu'une partie de l'étain étoit déjà consommée.

Il s'est aussi élevé à la surface de cette plaque des globules d'étain à mesure que le fer prenoit consistance.

3.e, 4.e et 5.e refontes

La consommation de l'étain est devenue toujours plus sensi-

ble à chaque refonte, et à la cinquième le fer a repris sa première couleur.

Il est donc prouvé, 1.° que le fer peut se combiner avec l'étain; 2.° Que l'étain rend le fer dur et cassant, mais que les différentes chaudes qu'on lui fait subir avant de l'employer doivent l'en débarrasser. Conclusion.

Kinmann prétendant que trois à quatre parties de plomb avec une de fer forment un alliage malléable, mais qu'à parties égales il n'y a plus de combinaison, il a paru inutile de répéter avec ce métal les mêmes opérations que l'on a faites avec l'étain.

## *Alliage du zinc avec le fer.*

Ce mélange a fait voir que le zinc qui n'est pas combiné dans la mine du fer, et que l'on veut introduire dans la fonte après sa formation, s'opposoit à sa fluidité et ne pouvoit s'y réunir, quelque moyen qu'on employât. 1.re fusion.

On a d'abord mis ce mélange à froid dans la cuiller; mais quelque degré de chaleur que l'on ait employé, la matière, quoique ramollie, n'a jamais pu couler.

A la seconde tentative, on a attendu que le fer fût en fusion pour y ajouter le zinc, et le mélange a été sur-le-champ réduit en pâte. Il s'est élevé à la surface de ce mélange, comme à celui avec l'étain, des bulles de zinc : mais celles-ci n'ont subsisté qu'un instant; elles se sont écoulées à mesure qu'elles se sont formées, et ont couvert le fer d'un enduit blanc.

Il s'est consommé du zinc chaque fois que l'on a cherché à fondre le mélange, et enfin le fer a repris sa consistance naturelle. 1.re et 2.e refontes.

NB. Voici l'ordre de l'affinité du fer avec les métaux et demi-métaux, d'après Bergmann : le nickel, le cobalt, l'arsenic, le cuivre, le manganèse, l'or, l'argent, l'étain, l'antimoine, le platine, le bismuth, le plomb, et enfin le mercure. Ordre de l'affinité du fer avec les métaux et demi-métaux, d'après Bergmann.

Conclusion générale.

Il résulte des opérations précédentes sur le mélange du fer de fonte avec le cuivre, l'étain et le zinc :

1.° Que si le fer contient du cuivre, il n'est pas possible de l'en séparer totalement en n'y employant qu'un feu ordinaire;

2.° Que ce feu suffit pour débarrasser le fer de tout l'étain qu'il peut contenir;

3.° Qu'il est nécessaire de griller les mines de fer qui contiennent des substances sulfureuses ou arsenicales : le soufre pourroit bien s'évaporer en travaillant le fer battu, mais il seroit possible que la fonte conservât de l'arsenic si le demi-métal s'y aggrégeoit comme régule ;

4.° Que le fer battu peut bien être purgé des métaux blancs et demi-métaux, mais que sa fonte ne peut l'être qu'après avoir été refondue à plusieurs reprises, et par conséquent avec une perte considérable de parties métalliques;

5.° Que, quoique la fonte tienne ordinairement sa blancheur du laitier, elle peut aussi la tenir d'un métal blanc ou d'un demi-métal.

Trois causes peuvent donc donner au fer de fonte cette couleur :

1.° Une abondance de laitier ;

2.° La prompte fixation du laitier par le refroidissement dans la fonte grise ;

3.° Enfin, le mélange d'un métal blanc ou d'un demi-métal. D'où il résulte que la qualité de la fonte ne peut se bien connoître qu'après l'avoir convertie en fer battu, et soumise ensuite aux essais ordinaires.

## *Observations générales sur la qualité du fer de fonte.*

La bonne fonte a un grain d'un gris bleuâtre, et presqu'aussi fin que celui de l'acier commun. Sa pesanteur spécifique est d'environ 504 à 505 livres le pied cube. Elle est en même temps difficile à casser, au lieu qu'une plaque d'une fonte qui contient

trop de laitier, si elle est mince, se casse souvent par la seule impression de l'air ; ce qui n'arrive pas dans la fonte grise, quelque mince que soit la plaque.

On distingue aussi la bonne fonte de la mauvaise en ce que celle-ci est plus sonore.

La fonte la plus pesante est réputée en général la meilleure, parce qu'elle contient plus de parties métalliques, à volume égal, que celle qui est plus légère. On vérifie sa pesanteur à la balance hydrostatique, c'est-à-dire qu'on en pèse un morceau dans l'air, puis dans l'eau : la différence de son poids dans l'eau à son poids dans l'air, exprime celui d'un pareil volume d'eau.

En comparant ensuite le poids de ce volume d'eau (supposé de 130 gros), on dira : 130 gros sont à 70 livres poids d'un pied cube d'eau, comme le poids du morceau de fonte est au poids d'un pied cube de la même fonte, qui doit peser environ 505 livres pour être de bonne qualité.

NB. On peut, en fondant la mine lentement, avoir de la fonte encore plus pesante, parce qu'on donne au laitier le temps de mieux s'écouler : c'est ainsi que dans les forges à la *catalane* on obtient de l'acier brut de la première fonte.

## *Du fer de fonte refondu dans un fourneau à réverbère à l'anglaise.*

Le feu de ce fourneau n'agissant que par sa flamme sur la fonte d'origine que l'on expose sur l'âtre, il commence par en fondre le laitier, dont la plus grande partie, lorsque la masse est une fois en pâte, s'écoule dans le creuset avant les parties métalliques, qui y descendent ensuite. Mais l'on trouve toujours sur l'âtre du fourneau un résidu très-rapproché de l'état du fer forgé, et dont une grande partie est déjà malléable ; en sorte que le produit de la fusion qui s'est réuni dans le creuset, contient à proportion plus de laitier que la fonte d'origine qu'on

a employée. Effectivement ce fer refondu se refuse à la lime; sa cassure est blanche et striée, et ses parties métalliques y sont dans le plus grand désordre.

Si l'on refond cette nouvelle fonte, mais dans le creuset et au soufflet, ce feu étant plus violent que celui du fourneau, elle commence à se ternir; en continuant ces refontes on trouve à la cinquième un fer à petits grains très-ternes, et sans aucune apparence de laitier.

Si au lieu de placer les morceaux de fer de fonte d'origine, à l'ordinaire, sur l'âtre du fourneau qui est peu incliné, on les arrange dans le fond et sur le talus du creuset; comme alors le fer et le laitier en fusion se mêlent sans obstacle, et qu'il ne se consomme par la calcination que le laitier surabondant, le fer que l'on obtient gagne de la qualité, surtout si on fait descendre dans le creuset, vers la fin de la fusion, ce qui en est resté sur le talus pour l'incorporer à celui qui est déjà fondu. Les boulets ou morceaux de fonte doivent former une seule couche au fond du creuset, et être arrangés par files éloignées l'une de l'autre d'environ trois pouces.

## CHAPITRE XIV.

### *Travail du fer battu.*

On connoît dans le traitement du fer cinq degrés de chaleur, que l'on distingue par les nuances de rouge qu'il prend à mesure qu'on le chauffe, et par l'état où il se trouve à chaque degré de chaleur. Degrés du feu.

Le premier degré est marqué par le foible rouge que le fer prend en quittant la couleur noirâtre qu'il a étant froid. Ce degré de chaleur ne le rend pas ductile; il dilate seulement ses pores, et ne sert qu'à donner ce que l'on appelle du *recuit*. 1.er degré.

Le second degré est celui qui donne au fer la couleur *cerise* qui succède immédiatement au premier rouge; à ce degré le fer commence à être ductile. Quand ce rouge s'éclaircit, on le nomme *rouge jaune* : les ouvriers le confondent ordinairement avec le rouge cerise, parce qu'il y a peu de différence de l'un à l'autre. Le fer chauffé à ce degré est très-ductile, mais il n'y a encore rien de changé dans sa constitution; son laitier est seulement réduit à l'état pâteux, mais n'a pas encore filtré au travers de ses pores. 2.e degré.

Pour peu qu'on laisse encore le fer au feu, on voit le laitier sortir à sa surface, et peu de temps après pétiller en bluettes brillantes, pareilles à celles que l'on détache du briquet, et qui ne s'élèvent que parce qu'elles sont emportées par le vent du soufflet. 3.e degré.

Ce degré de chaleur se nomme *rouge blanc;* le fer, dans cet état, est très-ramolli, mais pas assez pour se souder. Cette chaleur contribue à perfectionner un fer trop chargé de laitier; il faut par conséquent n'en faire usage qu'au besoin. Les ouvriers



en mésusent souvent, en poussant tout de suite le feu jusqu'à ce degré, pour s'épargner la peine de remettre le fer au feu trop souvent, et ils le détériorent en voulant l'étirer trop tôt.

Ceux qui dirigent les grands établissemens doivent, en général, avoir soin de se procurer du fer qui ne puisse que gagner par le travail.

4.e degré. Le quatrième degré commence au moment où les bluettes sortent du fer en plus grand nombre et avec plus de violence; c'est une preuve que son intérieur est bien ramolli, et que l'air, en se dilatant, pénètre librement au travers de ses pores, et emporte avec force de sa surface les particules métalliques et celles de laitier. On reconnoît que ces bluettes sont ferrugineuses, en très-grande partie, en ce qu'elles sont d'un rouge plus foncé que celles du laitier.

5.e degré. Ce degré de feu se nomme *chaude soudante*, parce que c'est celui que l'on saisit pour souder : cette chaleur fait éprouver au fer un commencement de fusion ; et sa cassure est d'autant plus composée de gros grains brillans, que le degré de feu a été plus rapproché de celui qui produit la fusion complète.

Le quatrième degré convient mieux que celui-ci à la soudure du fer qui contient beaucoup de laitier, parce qu'il faut moins de chaleur pour le souder; au lieu que le cinquième est plus propre à la soudure du fer nerveux, par la raison que son ramollissement doit suppléer à son peu de laitier.

Après le cinquième degré de feu, les gerbes de bluettes deviennent si abondantes qu'elles produisent à la fin une flamme qui n'est pas différente de celle des autres corps combustibles, ce qui fait dire que le fer flambe comme du bois.

On est aussi dans l'opinion que le fer se brûle et perd toute sa qualité lorsqu'il est trop chauffé ; mais on se convaincra que ce qui en subsiste après l'ustion et l'émanation, n'a rien perdu de sa nature. On n'a qu'à prendre un barreau de fer nerveux, le tenir dans le feu de forge jusqu'à ce qu'il soit diminué, si

l'on veut, de la moitié de son épaisseur : dans la partie qui aura été exposée au vent du soufflet, le noyau qui restera sera à gros grains brillantés; mais si on le remet au feu, qu'on le chauffe au second degré et qu'on l'étire, il reprendra le nerf qu'il avoit auparavant.

On peut donc établir pour principe que le fer chauffé fortement ne perd que de son volume, et que cette diminution n'a lieu que par couches successives, mais qu'il conserve la première qualité qu'il avoit avant d'être chauffé, tant qu'il en subsiste un noyau.

Les parties métalliques d'un fer qui a été violemment chauffé, ne sont pas dans le même désordre que celles du fer qui a été fondu; elles conservent plus d'adhérence entre elles, la chaleur n'ayant pas été assez forte pour les faire nager dans une mer de laitier comme celles de la fonte.

Ce fer à demi fondu exige moins de ménagement pour être étiré que celui qui a été mis en fusion. Il suffit pour le premier de ramollir les parties métalliques jusqu'à fusion de laitier et de le passer sous le marteau; au lieu que l'autre, peu chauffé d'abord, doit être repassé au feu plusieurs fois et battu à petits coups, jusqu'à ce que les parties métalliques soient assez rapprochées pour supporter l'écrouissement ordinaire.

Il paroîtroit suffisant de n'employer que deux degrés de feu dans le travail du fer, l'un pour lui donner de l'extension, l'autre pour le souder; mais comme le fer nerveux exige un traitement différent que celui qui contient plus de laitier, on est obligé de proportionner le degré de chaleur à la nature du fer que l'on traite. Travail du fer.

Le rouge cerise, qui convient à l'étirage du fer nerveux, peut être commun aux deux espèces de fer, d'autant mieux qu'il n'y a pas d'inconvénient à chauffer le fer à laitier au même degré que celui qui est nerveux, parce qu'un degré de chaleur de plus ne peut que le perfectionner. Mais il n'en est pas de même



de la soudure; le quatrième degré, qui est nécessaire pour souder le fer nerveux, doit être modifié pour le fer à laitier, selon la dose qu'il en contient.

Le fer dont le laitier est très-fusible parvient à l'état nerveux avec peu de travail, au lieu que celui dont le laitier est moins fusible exige plus de chaudes pour être purifié de ce qu'il en contient de trop.

Comme le fer perd de son laitier toutes les fois qu'on le chauffe au troisième degré, c'est-à-dire *jusqu'à fusion de laitier*, il est facile de le perfectionner quand il en contient trop. Ce moyen sert aussi à le débarrasser des substances volatiles ou métalliques hétérogènes qu'il peut avoir conservées; car s'il lui en restoit, elles nuiroient à sa malléabilité. C'est à elles que l'on doit attribuer la mauvaise qualité du fer qui se casse sous le marteau étant rouge, s'il ne la tient pas d'un reste de fonte, ce qui se connoît à son pétillement. Celui qui, étant rouge, exhale l'odeur d'ail, est encore uni à des parties arsenicales; ce fer est cassant à chaud, et se soude très-difficilement sous le marteau : on n'y parvient qu'en le serrant dans un étau; mais cette réunion est toujours imparfaite, et le moindre effort sépare les deux morceaux.

Pour pouvoir bien traiter le fer, il faudroit connoître la qualité de son laitier; mais ce n'est que par tâtonnement que l'on peut y parvenir. Un ouvrier attentif, qui entretiendroit son feu au même degré de chaleur, pourroit estimer le temps qu'il faudroit à différens fers de mêmes dimensions pour être prêts à se souder.

Il y a peu d'ouvriers capables des ménagemens que le fer nerveux exige pour la soudure; ils s'arrêtent rarement au degré de feu qui lui convient, et le traitement de ce fer mérite la plus grande attention; car si on le chauffe trop, il se gerce quand on l'étire, et se soude difficilement.

On connoît dans un fer la partie qui a été trop chauffée; elle est toujours gercée quand le fer est refroidi : ces gerçures se

forment surtout aux angles des barres, lesquels éprouvent plus de chaleur que le reste de leur épaisseur, parce qu'ils sont pénétrés en même temps par deux surfaces contiguës.

Les parties métalliques se désunissent, par la raison que le laitier qui servoit à leur liaison, étant rendu trop liquide, s'est écoulé ; elles ont perdu leur soudure, et le marteau les sépare aisément. Ces coups de feu se reconnoissent à la blancheur que le rouge du fer a de plus dans ces endroits pendant qu'on le chauffe. Un bon ouvrier a soin de rafraîchir cette partie en y jetant de l'argile mouillée, et il retire sa barre pour la comprimer avec le marteau perpendiculairement à la gerçure. Ensuite il continue à la chauffer, pour opérer la réunion par un commencement de fusion ; mais cette réparation ne peut avoir lieu que dans les barres auxquelles on n'a encore donné aucune forme, et qui conservent assez d'épaisseur pour fournir aux dimensions de la pièce à laquelle on les destine.

Ce sont ces coups de feu qui occasionnent la plus grande partie des gerçures qui se forment sur les canons de fusils : les plus habiles canonniers ont bien de la peine à les empêcher ; car les canons sont formés avec une lame de fer roulée sur un mandrin, et soudée de deux en deux pouces. Or pour souder le fer, il faut d'abord le chauffer au cinquième degré, et lui donner ensuite une seconde chaude, presque aussi forte que la première, pour consolider la soudure, de sorte que le fer d'un canon se trouve avoir essuyé six chaudes soudantes sur chaque longueur de six pouces, et avoir perdu beaucoup de son laitier. C'est ce qui fait que le fer trop nerveux n'est pas en général propre pour les canons de fusils : il faut que le fer ait du laitier à perdre pour soutenir les chaudes qu'il doit essuyer, et qu'il lui en reste suffisamment pour se bien souder.

Les canons se gercent aussi si on les laisse se courber en les portant sur l'enclume.

Le grain du fer des canons ne peut guères être que brillant,

vu la difficulté qu'il y a de leur donner de l'extension après qu'ils sont soudés. La lame dont ils sont formés s'allonge bien de cinq à six pouces dans le travail, mais cela ne suffit pas pour rétablir les fibres dans leur premier état ; et si l'on vouloit les allonger davantage pour redonner du nerf au fer, on nuiroit à la soudure. Il suffit pour rapprocher le fer de son premier état, autant qu'il est possible, de donner au canon un peu plus d'épaisseur et de continuer à le battre jusqu'à ce que le fer soit ramené à son premier degré de rougeur. On peut aussi lui redonner du nerf en le chauffant rouge-cerise dans un four à recuire.

Les pailles de fer, ces scories métalliques ou batitures, qui tombent autour de l'enclume des maréchaux, et dont les canonniers se servent pour remplir la partie du canon qu'on va souder, ne contribuent en rien à la soudure, et ne servent qu'à empêcher le charbon de s'y introduire ; car le degré de chaleur de la soudure les réduit en une masse friable et terreuse que l'aimant ne peut plus attirer. Non-seulement elles ne contribuent pas à la soudure, mais elles peuvent lui nuire après avoir été scorifiées, en se logeant entre les lèvres de la lame, et devenir par là un obstacle à la soudure.

Moyen de durcir le fer et de lui donner le grain de l'acier.

Un fer qui a du nerf le perd et gagne de la densité à force d'être doublé et soudé ; il prend même à la fin le grain de l'acier, et devient très-cassant, surtout si on le trempe. On en a fait l'expérience sur du fer très-nerveux, d'un pouce de largeur et de six lignes d'épaisseur, dans lequel on ne distinguoit qu'une très-petite quantité de grains couleur de plomb ; ce fer se soudoit encore assez bien à la dix-huitième chaude, mais il s'est cassé comme du verre quand on a voulu le plier.

On a continué à travailler ce fer : on en a formé un barreau de cinq lignes d'équarrissage; son grain n'a pas changé sensiblement, et il est resté cassant.

On l'a aplati ensuite à huit lignes de largeur et deux lignes d'épaisseur, pour essayer s'il gagneroit du nerf et de la flexibilité

étant réduit en lame; on l'a même recuit, mais foiblement [1], après qu'il a été refroidi, pour le rendre plus flexible : il a effectivement plié; mais après qu'on a eu coupé son épiderme, il s'est cassé net.

Quoique le grain de ce fer fût alors très-rapproché de celui de l'acier, et qu'on l'ait refroidi promptement dans l'eau, au lieu de prendre de la dureté, comme l'acier ainsi trempé, il a pris un tissu nerveux et de la flexibilité.

Cet effet de la trempe sur ce fer n'a pas eu lieu sur du fer à laitier et d'un brillant plombé, sur lequel on a fait la même épreuve : ce fer, après avoir été corroyé, c'est-à-dire, doublé et soudé dix-huit fois, a toujours conservé son brillant; et il n'a acquis un peu de nerf que quand il a été réduit à deux lignes d'épaisseur.

On a comparé ce fer plombé à du fer à gros grains argentés et brillant : ce fer, après la première chaude soudante que les ouvriers nomment *suante*, s'est trouvé avoir pris deux tiers de nerfs, quoiqu'il ne fût réduit encore qu'à quatre lignes d'épaisseur; et à la seconde chaude il est devenu d'une qualité nerveuse. Peut-être n'avoit-il été réduit en gros grains que par un trop fort degré de chaleur, ou pour avoir trop conservé de laitier à l'affinage; mais comme sa couleur étoit argentée, il est à présumer qu'il contenoit un laitier plus réfractaire que le premier. Ceci n'est cependant qu'une conjecture qui mérite d'être approfondie par un grand nombre d'expériences.

Puisqu'il y a du fer qui parvient avec un peu de travail à l'état de fer nerveux, et qu'il y en a qu'il faut repasser souvent au feu pour l'amener au même état; on est de nouveau autorisé à conclure qu'il y a du laitier plus ou moins fusible, et que, les parties métalliques étant les mêmes dans les deux fers, ils ne doivent différer que par la nature de ce verre. Conclusion.

1. Voyez l'article du recuit du fer, ci-après, page 131.

Du refoulement du fer.

Quand une barre a trop peu de grosseur pour former une pièce que l'on veut forger, l'ouvrier la chauffe dans l'endroit où elle manque d'épaisseur, et la refoule en la laissant tomber verticalement sur l'enclume : ce refoulement détruit l'arrangement des fibres, en les faisant rentrer les unes dans les interstices des autres, et le fer perd de sa force. Ce défaut ne peut se réparer qu'en le réchauffant ensuite violemment et en l'étirant de nouveau ; malgré cela, en rompant le fer à l'endroit du refoulement, on voit que les grains y sont plus brillans qu'ailleurs et les fibres en désordre.

Cette observation prouve combien il est intéressant, dans les établissemens d'artillerie et de marine, de s'approvisionner de fer dont les échantillons soient proportionnés aux pièces que l'on veut en faire.

## *De l'écrouissement.*

L'écrouissement est l'effet du marteau sur un corps métallique ; il produit le rapprochement des fibres du métal, et en forme un corps plus compact.

Si les coups de marteau sont trop forts, ils dérangent la contexture des fibres en les écartant trop les unes des autres. Si l'on considère, par exemple, celles du fer comme autant de cordons compressibles rangés à côté et au-dessus les uns des autres, et que l'on ne frappe que sur le plat de la barre, le premier effet que produira le marteau sera d'aplatir les fibres ; et si l'on continue, il les écartera latéralement : c'est l'effet que produit un marteau trop pesant. Si pour rétablir les fibres dans leur premier état on présente l'épaisseur de la barre au marteau, il en résulte un entrelassement de fibres qui rend leur contexture inégale et qui occasionne des désunions dans l'intérieur du fer ; aussi a-t-on des marteaux de différentes grosseurs et proportionnés aux dimensions que l'on veut donner aux barres.

Si, au lieu de frapper trop fort et trop long-temps sur le même côté de la barre, on présente alternativement ses deux faces au marteau, et que les coups ne soient pas assez forts pour déranger les fibres, elles se filent insensiblement sans se déplacer, et deviennent d'autant plus déliées qu'on les allonge davantage; et la barre conserve les mêmes veines de grains ou de nerfs qu'elle avoit originairement.

Les fibres, rapprochées par l'effet de l'écrouissement, s'appliquent les unes sur les autres dans le sens que la barre a été frappée; mais si on la réchauffe assez pour ramollir le fer, au point que l'air qui y est renfermé ait en se dilatant la force de les séparer et de rétablir une partie de l'effet du marteau, il doit alors en résulter des intervalles entre elles qui donnent de la flexibilité au fer.

Cette conjecture est d'autant plus probable qu'elle est confirmée par l'expérience: on éprouve qu'un fer, devenu cassant par l'écrouissement, redevient pliant quand on le réchauffe même foiblement.

Un fer battu qui a été refondu est plein de caries et veut être ménagé pour être remis en barre: il faut d'abord, comme cela se pratique pour l'écrouissement du cuivre, le chauffer foiblement pour aplatir les cavités, et ensuite au dernier degré pour suppléer au laitier qui lui manque. Observation sur le fer battu refondu.

## *Recuit du fer.*

Le *recuit* est le foible degré de chaleur que l'on donne au fer durci par le marteau.

Le fer nerveux qui a été granulé par un trop fort degré de chaleur, et qui par conséquent a essuyé un commencement de fusion, étant très-cassant, le recuit est également nécessaire pour rétablir sa contexture dans son premier état; mais il faut que la chaleur soit poussée jusqu'à fusion de laitier. On le laisse

ensuite refroidir de lui-même et sans forcer son refroidissement, car on empêcheroit sa dilatation et l'on fixeroit de nouveau le laitier en fusion. Si le refroidissement lent ne suffisoit pas pour rétablir les fibres dans leur état naturel, il faudroit y employer le marteau, et battre le fer à petits coups jusqu'à ce qu'il ne soit plus rouge.

Le refroidissement qui s'opère par l'impression de l'atmosphère se fait souvent trop vîte, surtout en hiver, pour des pièces qui ont besoin de résistance; et alors le recuit seroit suivi d'une sorte de trempe : dans ce cas on ralentit le refroidissement, en couvrant le fer avec du machefer ou du poussier de charbon.

Si les pièces sont petites ou qu'elles soient susceptibles de perdre leur configuration au recuit, telles que les vis, les boulons taraudés, etc., on les enduit de terre argileuse, et on les fait rougir dans un feu de bois qu'on laisse éteindre de lui-même : mais il faut avoir l'attention de ne chauffer en même temps que les pièces de même grosseur, afin que les unes ne soient pas plus tôt chaudes que les autres. Quand elles ont pris la couleur de rouge-cerise, on les couvre de cendres afin qu'elles se refroidissent lentement.

On peut recuire les petites pièces au feu de forge ordinaire; mais les grosses ne doivent l'être que dans un feu de bois ou de charbon, pour donner le temps à leur intérieur de s'échauffer avant que leur surface le soit trop : on doit même prendre la précaution de les enduire de terre argileuse, pour empêcher leur surface de se scorifier.

Les coups de marteau sont une sorte de recuit pour le fer qui a été exposé à une forte gelée; parce que le froid produit dans le fer le rapprochement de ses fibres, et les coups de marteau suffisent pour le rétablir dans son état naturel : c'est une précaution que l'on doit prendre le matin quand on voyage pendant la gelée, de faire frapper sur les bouts des essieux de fer,

## *Du nerf du fer.*

Le nerf du fer est caractérisé par le déchirement de ses fibres quand on le plie et qu'on le rompt. Ce déchirement ne peut avoir lieu, et le fer se casse, si les intervalles de ses fibres sont remplis de laitier; ce verre le rend compact et cassant.

Le fer trop chauffé, ainsi que celui qui, après avoir été rougi, a été refroidi dans l'eau, quoiqu'ils puissent être de nature nerveuse, sont aussi cassans; par la raison que les fibres du premier ont été granulées, et que l'autre a été rendu plus compact par le prompt refroidissement qui a fixé le laitier en fusion dans les interstices des fibres.

Le fer qui contient trop de laitier ne peut devenir nerveux qu'après avoir été épuré de ce qu'il en a de surabondant; et celui qui a été ou granulé ou refroidi trop promptement, ne peut reprendre sa première consistance qu'après avoir été réchauffé jusqu'à fusion de laitier et battu.

Manœuvre des ouvriers pour faire paroître un fer nerveux.

On peut faire paroître nerveux un fer à laitier. Les ouvriers qui veulent tromper sur sa qualité coupent une barre en deux, en l'entamant d'abord avec une tranche émoussée, et en frappant sur sa tête à petits coups et long-temps pour échauffer le fer; ils achèvent ensuite de rompre la barre en la pliant et la repliant sur elle-même. Ils donnent par ce moyen du nerf aux deux surfaces du pli de la barre : il en paroît bien davantage lorsque cette opération se fait sur du fer un peu chaud.

Si en courbant une barre elle reste pliée, il est vraisemblable que sa courbure extérieure est nerveuse; car un pli ne peut pas avoir lieu sans un déchirement; mais la courbure intérieure, quelque nerveux que soit le fer, est toujours granulée par le refoulement des fibres.

Ce n'est, on le répète, qu'en travaillant le fer que l'on en connoît bien la qualité et qu'on découvre la charlatanerie des ouvriers.

*De la soudure.*

Le laitier, qui est la soudure du fer, passant rapidement de l'état de fluidité à celui de la calcination lorsqu'il est parvenu à la surface d'une barre, il est nécessaire de saisir l'instant favorable à la réunion des deux surfaces qu'on veut souder; car si on le laissoit échapper, le laitier réduit à l'état terreux deviendroit plutôt un obstacle à la soudure qu'il ne la faciliteroit.

Le fer nerveux n'est difficile à souder que parce que son peu de laitier est caché par le charbon, et se trouve souvent calciné quand l'ouvrier croit le fer au moment d'être soudé.

Le fer, qui contient beaucoup de laitier, en conserve toujours assez pour sa soudure. S'il s'en consume à sa surface, l'écoulement continu de celui de l'intérieur le remplace.

On ne peut suppléer au défaut de laitier qu'en ramollissant le fer plus qu'on ne le fait ordinairement; mais le temps qu'il faut pour le mettre en pâte donne lieu à la calcination de sa surface; et si la grosseur de la barre n'excède pas celle qui doit lui rester après la soudure, on ne peut pas lui conserver les dimensions qu'elle doit avoir. Cette réunion d'ailleurs n'est jamais aussi solide que celle qui se fait par le moyen du laitier : le fer d'Espagne, et ceux qui sont aussi nerveux, sont dans ce cas.

Plus les fibres du fer sont fines et rapprochées, moins il faut de laitier pour les réunir; car la masse de ce fer étant plus homogène, et ses fibres en même temps plus ténues, la chaleur du laitier environnant les aura plus tôt pénétrées que si elles eussent été plus grosses et plus disséminées : c'est ainsi qu'un faisceau de fils d'archal déliés sera bien plus vîte chauffé qu'un faisceau de même diamètre, composé de fils plus forts. D'ailleurs les fibres fines présentent, relativement à leur masse, plus de surface que les grosses à l'action du laitier qui remplit leurs interstices : un fil de fer, par exemple, dont le diamètre ne seroit que la moitié d'un autre de même longueur, n'auroit que le

quart de la solidité de celui-ci, et cependant sa surface en seroit la moitié.

Comme l'écrouissement opère deux effets en même temps, celui de filer les fibres et de les rapprocher, on peut disposer un fer qui a trop perdu de laitier à se bien souder, en l'étirant de nouveau et en le battant pour rapprocher ses fibres et diminuer le vide que le laitier en s'écoulant a laissé dans leurs intervalles.

Le fer que l'on a rendu plus dense en le battant étant rouge, doit gagner du côté de la soudure, puisqu'en filant et en rapprochant ses fibres il lui faut une moindre dose de laitier. Mais ces raffinages répétés donnent à la fin trop de densité au fer nerveux ; il devient cassant à force d'avoir été battu étant chaud : c'est ainsi que l'on durcit le fer des scies.

Il faut toujours observer, en sortant les barres dn fen pour les souder, de donner quelques coups de marteau sur un des côtés de la barre pour détacher les scories qui se forment dans le feu à leur surface, afin qu'elles ne nuisent pas à la réunion.

On doit avoir soin aussi d'amorcer, c'est-à-dire, d'amincir d'avance les bouts de la barre, tant pour que l'intérieur de ces bouts soit moins de temps à se ramollir, que pour que les deux lèvres puissent, après la soudure et l'extension, former ensemble l'épaisseur d'une des deux barres. Cette extension est nécessaire, puisqu'on a vu que si on chauffe le fer jusqu'au degré de la soudure, la chaleur convertit son tissu nerveux en grains d'autant plus gros que le degré de feu a été plus violent, et qu'on ne peut lui redonner son nerf qu'en le réchanffant foiblement et en l'étirant de nouveau pour refiler ses fibres granulées par un commencement de fusion ; on s'en convaincra en rompant le fer à la soudure.

Cette observation peut s'appliqner à la fabrication des gros essieux, qui doivent être formés de plusieurs barres.

Si on les composoit avec des barres de leur longueur et qu'on

se contentât de les souder, le fer des essieux seroit toujours à gros grains, et par conséquent cassant, de quelque nature qu'il fût; au lieu que si l'on ne donne aux barres que la moitié de la longueur des essieux, et qu'après les avoir soudées les unes sur les autres on les étire, on rétablira les fibres dans leur état naturel, à l'aide des coups de marteau employés à l'extension.

Une barre de fer large et épaisse est plus difficile à souder qu'un barreau quarré ou rond; parce que la barre ayant plus de largeur et devant être retournée dans le feu, elle occasionne la chute du charbon qui n'est pas allumé : au lieu qu'il est facile de donner une chaude égale à un barreau rond ou quarré, puisqu'on peut présenter successivement toutes les parties de sa surface à la direction du vent des soufflets sans entraîner l'éboulement du charbon extérieur.

On doit se rappeler ici que la partie la plus chaude d'un feu de forge, son foyer, est toujours dans la direction de la tuyère, pourvu qu'il y ait entre elle et la barre que l'on chauffe une certaine quantité de charbon; et que l'endroit qui touche à son orifice est au contraire le plus froid, le vent frappant immédiatement le fer qu'on y expose.

Comme il est nécessaire de chauffer violemment le fer qu'on veut souder, et que c'est toujours aux dépens de son laitier, les ouvriers, pour en empêcher l'écoulement, rafraîchissent de temps en temps la surface de la barre à l'endroit de la soudure, en jetant dessus des poignées de sable ou d'une autre terre vitrifiable, au moment où ils voient les bluettes brillantes émaner du fer. Cette terre, en se fondant, forme d'ailleurs sur la barre un enduit qui donne le temps à l'intérieur de se ramollir.

Cette terre ne sert pas à la soudure du fer, comme bien des ouvriers le prétendent, puisque ce ne pourroit être qu'en tenant lieu de laitier; et il est démontré par les tentatives qu'on a faites, qu'il n'est pas possible d'introduire du laitier dans le fer. Il n'y a que celui qui n'en sort pas pendant qu'on le chauffe, et

qui filtre au travers de sa surface au moment de la soudure, qui serve à la réunion; et même il se calcine l'instant après qu'il y est répandu.

Le sable suffit pour le fer aisé à souder, parce qu'il est très-fusible; mais la terre argileuse mêlée de sable est préférable pour le fer nerveux et pour l'acier [1], par la raison que ce mélange est plus réfractaire et donne au fer plus de temps pour se ramollir. Il faut dans la soudure avoir égard à toutes ces observations, afin de traiter le fer selon sa nature.

Pour pouvoir souder le fer appelé communément *rouverin*, et que l'on croit, d'après toutes les expériences faites à ce sujet, être un fer ou appauvri de laitier, ou bien uni à des parties sulfureuses ou à quelque métal ou demi-métal, les ouvriers emploient un moyen très-usité parmi eux. Ils chauffent le fer à plusieurs reprises jusqu'au rouge à souder, et à chaque fois ils le retirent du feu et le trempent dans l'eau; ils essaient ensuite la soudure, qui souvent leur réussit. Ce moyen tend généralement à purifier le fer par le feu, et l'immersion empêche l'écoulement du laitier. Quand cette opération ne suffit pas, c'est une preuve que le fer manque de laitier. On y supplée en le chauffant plus violemment; mais cette réunion est toujours imparfaite: il n'y a guères que les endroits qui ont reçu les premiers coups de marteau qui se soudent; au lieu des coups de marteau on emploie l'étau, qui réussit plus souvent.

### *Des scories.*

Le laitier est la seule scorie du fer en général : on a déjà dit qu'il se séparoit du fer toutes les fois qu'on le faisoit rougir à un certain degré de chaleur; et qu'il conservoit la nature vitreuse à la surface du fer fondu, surtout quand il étoit séparé des parties métalliques, comme dans la fusion de la mine.

Ce verre, chauffé jusqu'à la calcination, devient terreux et se

1. Voyez la soudure de l'acier, ci-après, au Traité de l'Acier.

nomme simplement *scories*. S'il est mêlé avec des parties ferrugineuses, on le nomme scories métalliques ou batitures; il devient tel lorsqu'après avoir filtré au travers des pores du fer il ne lui est plus inhérent et qu'il a éprouvé le contact de l'air.

On a déjà observé que ces deux espèces de scories se distinguoient facilement en ce que les unes sont attirables à l'aimant, et que les autres ne le sont pas : il s'en trouve ordinairement quatorze onces d'attirables sur une livre.

Malgré cette expérience, qu'on a faite à plusieurs reprises, il n'a pas paru vraisemblable qu'il restât autant de parties métalliques dans ces scories; on a supposé que le fer pouvoit communiquer sa vertu attirable à la terre du laitier, ou du moins l'entraîner par la force de son attraction, et l'on a cherché à connoître la proportion du fer et du laitier dans ces scories. On les a fondues avec de la poudre de charbon, espérant que le fer se sépareroit du laitier : deux heures ont suffi pour en mettre une livre en fusion; mais après le refroidissement il n'est resté qu'un corps noir, friable et rempli d'une infinité de caries, que l'on a réduites en une poudre dans laquelle on n'a trouvé qu'environ un seizième d'attirable.

Trente-cinquième expérience.

On a répété la même opération en laissant les scories plus long-temps au feu : le produit de cette fusion a fait voir que la première n'avoit pas été complète; car il s'est trouvé dans le fond du creuset un culot vitrifié de la plus grande dureté, brillant et de couleur bleuâtre. Ce culot étoit couvert d'un verre noir assez opaque et bien distinct de l'autre. On lui a trouvé, à la lime, la dureté du laitier ordinaire; mais elle n'a jamais pu mordre sur le culot, qui avec un briquet donnoit beaucoup d'étincelles, tandis que le verre de la couche supérieure n'a pu en faire paroître que quelques-unes.

On a mis en poudre le culot séparé du verre noir, pour connoître la quantité de parties attirables qu'il contenoit, et il s'en est trouvé le quart du poids de ce culot.

Les scories qui se forment à la surface du fer, toutes les fois qu'on le fait rougir, sont friables, et l'épaisseur de leur couche est proportionnée au temps que le fer reste au feu; mais quand on laisse du fer à un feu lent qui ne devient violent que progressivement, le laitier forme à sa surface une croûte unie et luisante: cette scorie est bien moins attirable que celle qui se détache des barres qu'on fait rougir à l'ordinaire avec le soufflet.

On a fait cette expérience sur une barre d'acier qui avoit trois lignes et demie d'épaisseur, et treize lignes de largeur; on a préféré l'acier comme contenant moins de laitier que le fer.

Il s'est formé, après soixante heures d'un feu lent, une scorie de deux lignes et demie d'épaisseur sur chacune des deux surfaces de sa largeur: il ne s'en est trouvé qu'environ le tiers d'attirable.

L'acier, malgré la perte qu'il a faite après avoir essuyé un feu d'une si longue durée, a conservé deux lignes et demie d'épaisseur.

Une sorte de scorie qu'on nomme le *mâche-fer*, et que l'on trouve dans le fond des foyers des maréchaux, n'est que le mélange du laitier qui découle du fer et qui se mêle avec le charbon consumé. On en trouve plus dans les forges où l'on chauffe avec du charbon de terre que dans celles où l'on emploie du charbon de bois.

Le mâche-fer est de la même nature que la houille ou charbon de terre qu'on laisse brûler jusqu'à extinction de la flamme. Il est friable, et n'est pas plus attirable à l'aimant que le laitier.

## *De la rouille.*

La rouille est une sorte de scorie qui diffère des scories métalliques en ce que celles-ci sont composées de laitier réduit par la chaleur en un corps terreux mêlé avec des parties métalliques dont l'aggrégation a été rompue par le feu, au lieu que la rouille est une dissolution du fer par l'eau ou par un acide.

La surface du fer en se rouillant se dégrade inégalement, parce que le dissolvant attaque les parties métalliques et n'a point de prise sur le laitier, et que ce verre peut être répandu inégalement sur la surface de la barre.

On peut s'en convaincre en faisant tremper un morceau de fer dans un acide : comme ce dissolvant attaque les parties métalliques, il agiroit uniformément sur la surface du fer s'il ne contenoit pas du laitier sur lequel l'acide n'a pas de prise.

La rouille forme à la longue, ainsi que les scories métalliques, une croûte plus ou moins épaisse, selon le temps que le fer a été en contact avec son dissolvant, et que le dissolvant a été plus mordant.

Les ustensiles de fer dont on se sert dans les salines sont en peu de temps couverts d'une rouille épaisse ; mais cette rouille, qui est formée en bien moins de temps que celle que l'eau produit, quoiqu'elle soit fort épaisse, ne perd pas sa qualité métallique ; car elle est presqu'entièrement attirable à l'aimant : on diroit que l'acide marin a enlevé le fer par couche, tandis que la rouille de l'eau n'est point du tout attirable.

La rouille de l'eau est d'un jaune plus foncé que celle des acides.

Celle de l'acide sulfureux est d'une couleur plus foncée que celle des autres acides.

Celle de l'acide marin est d'un jaune terreux.

Celle de l'acide nitreux est un peu moins foncée que celle de l'eau.

Dans les expériences que l'on a faites avec ces acides, il en est résulté que l'acide sulfureux a dissous plus de fer que l'acide marin et l'acide nitreux, et que l'acide marin en a plus dissous que l'acide nitreux.

NB. Un fer forgé ou fondu, qui n'a pas été limé, n'est pas sujet à la rouille ou ne se rouille qu'à la longue.

*De l'air contenu dans le fer.*

De quelque nature que soit l'air renfermé dans le fer, il est susceptible de dilatation lorsqu'il éprouve de la chaleur ; et ce n'est qu'à cette dilatation que l'on peut attribuer certains phénomènes qui ont lieu quand on chauffe le fer.

Une lame exposée à la chaleur du pyromètre s'allonge ; cette extension ne peut être que l'effet de l'air dilaté : son volume augmente jusqu'à ce qu'il ait perdu son ressort, ou qu'il se soit échappé au travers des pores du métal.

Lorsqu'il a été échauffé progressivement, il a acquis la force de rompre les cellules qui le renferment ; il s'échappe et entraîne de la surface de la barre le laitier fondu qu'il rencontre, ainsi que les parties métalliques qui ont perdu leur aggrégation ; et il donne lieu à ces bluettes brillantes qui s'exhalent quand le fer commence à être bien ramolli.

Ces bluettes ne sont d'abord dardées qu'à peu de distance, par la raison qu'il n'y a que l'air des couches les plus proches de la face qui agisse sur elles : les gerbes augmentent à mesure que le ramollissement du fer permet à une plus grande quantité d'air de s'échapper. Si l'air n'a pas la force de percer l'enveloppe, il soulève la surface de la barre dans les endroits où il se présente : il y a de ces soulèvemens dont la voûte a jusqu'à une ligne d'épaisseur. Si la chaleur est assez forte pour que l'air puisse rompre son enveloppe, il perce ces soulèvemens et les déchire.

On n'en trouve pas ordinairement dans le fer que l'on rougit à un feu de forge de maréchal, parce que le vent des soufflets attaque le dessus de la voûte de ces bulles et ouvre des passages à l'air : il faut qu'elles soient bien épaisses pour résister.

Si le nombre des bluettes augmente, l'on croit voir une flamme dans laquelle on distingue parfaitement les rayons que forment les bluettes. Non-seulement il y a de l'air dans les pores du fer, mais aussi dans ses plus petites parcelles ; car les bluettes, une

fois détachées de la barre et entraînées dans la direction que leur donne d'abord le vent des soufflets et ensuite leur légèreté, finissent presque toutes par une détonation qui les subdivise en plusieurs bluettes plus brillantes.

Cette détonation ne peut être produite que par la raréfaction de l'air encore renfermé dans les plus petites parcelles du fer, qui, en se détachant de la barre, n'avoient pas encore acquis assez de chaleur pour éclater, mais que leur frottement dans l'atmosphère a achevé de développer. Les étoiles que forment les petites bluettes en finissant sont plus brillantes et d'un rouge plus blanc que les écoulemens, parce qu'elles sont plus atténuées et susceptibles par conséquent de s'échauffer davantage par le frottement; car on sait que le fer est d'un rouge d'autant plus blanc qu'il est plus chaud, et l'on remarque que les écoulemens de l'acier sont filés plus fins et paroissent plus brillans que ceux du fer, sans doute parce que les fibres d'où elles sont émanées sont plus déliées et ont moins de surface.

Il ne s'élève pas autant de bluettes d'un fer chauffé lentement et qui ne l'est pas à l'aide des soufflets, quand le degré de chaleur seroit le même : il se forme bien à sa surface une croûte de scories d'autant plus épaisse qu'il a été chauffé plus long-temps; mais comme son aggrégation est détruite lentement, l'air sort du fer sans détonation.

On pourroit peut-être douter que les gerbes d'émanation fussent formées par des parcelles de fer détachées de la barre : on s'en convaincra en jetant une poignée de limaille sur un feu ardent animé par un soufflet; cette limaille remonte tout de suite avec la flamme et forme les mêmes écoulemens que ceux qui se détachent du fer chauffé violemment.

NB. On verra à l'article de l'acier et dans l'examen qu'on en a fait à l'aiguiserie, que ces mêmes écoulemens ont lieu, et que l'acier le plus fin produit les écoulemens les plus nombreux et les étoiles les plus brillantes.

Il se forme peu de bluettes au feu d'affinerie, parce que le fer y est toujours entretenu dans un bain de laitier qui s'oppose à la formation des scories, et par conséquent il ne peut pas y avoir d'émanation de bluettes.

Quand le fer est chaud au degré de la soudure, tous ses pores sont ouverts et laissent un libre cours à l'air; pour-lors il s'établit une infinité de courans dont les émanations composent une flamme pareille à celle des autres corps combustibles. La flamme est d'abord rouge foncé et bleuâtre, et elle devient ensuite d'un rouge d'autant plus blanc que le fer s'échauffe davantage. La grande blancheur annonce la dissolution prochaine des parties métalliques.

Les loupes et leurs subdivisions flambent au sortir du feu quand on les porte au martelage; mais l'impression de l'air arrête la flamme, qui reparoît ensuite sous les premiers coups de marteau, et s'échappe par les endroits qui ne sont pas encore assez consolidés pour s'opposer à l'effet de la compression.

Le fer flambe aussi quand on le plonge dans l'eau étant très-rouge : la condensation qu'éprouve sa surface par l'impression de l'eau produit l'effet de l'écrouissement.

Le fer battu que l'on fond conserve encore beaucoup d'air; car, ainsi qu'on l'a observé, il est toujours rempli de caries qui ne peuvent avoir été formées que par de l'air dilaté.

## CHAPITRE XV.

### *Connoissance du fer battu.*

La qualité du fer qui ne contient que du laitier, dépend de la nature de ce verre ; mais la qualité de celui qui est uni à des substances sulfureuses ou arsenicales est d'autant plus mauvaise qu'il en a retenu une plus forte dose, puisque l'une et l'autre l'éloignent d'autant plus de son état naturel qu'elles y sont en plus grande abondance.

Si le fer a conservé beaucoup de laitier, on ne peut pas décider s'il est de nature nerveuse ; ce n'est qu'après l'avoir séparé de ce qu'il en a de surabondant qu'on peut le juger.

Le fer qui passe pour le meilleur est celui dont le tissu est nerveux, sans grains, et de couleur bleuâtre : c'est effectivement celui qui résiste le plus au ploiement avant de se casser ; mais il a le défaut d'être difficile à souder.

Le fer à gros grains blancs et brillans est réputé pour le plus mauvais à l'inspection, parce qu'il est cassant. Cependant, comme sa grainure peut avoir été occasionée par le trop fort degré de chaleur qu'on lui a donné en le travaillant, ou par un défaut d'affinage, ou enfin parce que son extension a été trop précipitée par l'avidité des ouvriers, on ne doit jamais décider de sa qualité qu'après l'avoir employé ; car il peut devenir nerveux, lorsqu'il en est susceptible, si on le réduit à de plus petites dimensions. La principale qualité de ce fer est celle de se bien souder, parce qu'il contient beaucoup de laitier. Le fer qui réunit la qualité d'être très-flexible et de se bien souder, est sans contredit celui que l'on doit préférer à toute autre espèce : on peut en décider à son tissu ; il doit contenir deux tiers de nerf et un tiers de grains.

Dans le jugement que l'on porte sur le fer, il faut avoir égard à la grosseur de ses barres, par la raison que les plus épaisses ne montrent pas autant de nerf que les plus minces, quoiqu'elles soient du même fer, et que celles que l'on étire en quarré n'en montrent pas autant que celles que l'on aplatit.

Pour connoître le véritable grain du fer, il faut d'abord en trancher l'épiderme, qui est presque toujours nerveux dans tous les fers; faire porter cet endroit sur l'angle vif d'une enclume, placer un petit barreau près du coup de tranche, et frapper entre l'angle et le barreau; plus ce point d'appui est rapproché de l'angle de l'enclume, moins le fer a la liberté de se déchirer.

Presque tous les fers gagnent du nerf étant travaillés et réduits à deux ou trois lignes d'épaisseur; mais il y en a qui le perdent au feu. Cette bonne qualité apparente n'est souvent due qu'à la façon dont il a été traité sous le marteau, ou à l'adresse que l'ouvrier a employée pour le casser; car on a vu qu'on pouvoit faire paroître du nerf dans le plus mauvais fer, en le battant long-temps à froid et à petits coups avec un gros marteau, et en le coupant pendant qu'il est chaud avec une tranche émoussée, en même temps qu'on le fait porter sur l'angle arrondi d'une enclume.

Si le fer, après avoir été corroyé deux à trois fois et réduit à trois ou quatre lignes d'épaisseur, conserve encore de gros grains et ne montre absolument point de nerf, on peut le prononcer de mauvaise qualité; mais si l'on en aperçoit, et qu'il résiste au ploiement, il est propre à servir dans certains usages.

Le bout des barres est toujours inégal et *bourru*, parce qu'il est formé par la partie extérieure de la loupe : on ne peut juger de la tissure du fer qu'en cassant la barre à un pied du bout.

Il y a du fer qui, quoique composé de gros grains, résiste au ploiement par son épiderme; il faut le trancher tout autour de la barre avant de chercher à la rompre.

Si la barre se casse seulement en frappant, le fer est proba-

blement de mauvaise qualité ; mais pour s'en convaincre il faut l'éprouver au feu.

Il y a du fer dans lequel on trouve des veines noirâtres : comme ce sont peut-être des scories qui s'y sont incorporées, il ne faut pas pour cela décider que le fer est de mauvaise qualité.

Le fer granulé qui gagne du nerf étant travaillé, est celui que l'on doit préférer pour les pièces qui ont besoin de résistance, et qu'il est nécessaire de former en plusieurs chaudes, comme les canons de fusil.

On ne peut juger de ce fer qu'en lui donnant le degré de chaleur *cerise foncé*, en le forgeant à plusieurs reprises, et en diminuant son épaisseur d'une ligne à chaque chaude, sans discontinuer de le battre tant qu'il est rouge.

Si l'on casse les barreaux ainsi successivement réduits, lorsqu'ils sont refroidis, on doit trouver le grain toujours plus rapproché du tissu nerveux, si le fer en est susceptible.

Le fer à laitier gagne peu aux trois premières chaudes, et s'il étoit destiné à des pièces essentielles qu'on ne pût pas chauffer à plus de reprises, il ne faudroit pas s'en servir.

Il est ordinaire de trouver qu'une des deux barres tirées de la même maquette a des grains brillans et est cassante, tandis que l'autre est nerveuse ; cela vient de ce que les forgeurs, au lieu de laisser refroidir le premier bout qu'ils étirent, le trempent dans l'eau pour s'en servir à forger le second : c'est une trempe que l'on donne au premier bout, que l'autre ne reçoit pas.

Impression du froid sur le fer.

Une forte gelée peut granuler le fer nerveux, qui, d'après l'expérience, devient assez cassant pour se rompre du premier coup, sourtout s'il a été exposé au grand froid pendant une nuit ; mais la chaleur seule de la main, quand la barre n'a que trois à quatre lignes, suffit pour la faire devenir pliante, à plus forte raison en employant plus de chaleur.

De même que le froid rend le fer cassant, la chaleur du soleil suffit pour l'adoucir : on peut s'en convaincre en y exposant la

moitié d'une barre et en la comparant à son autre moitié qui en aura été préservée ; la première soutiendra mieux le ploiement que l'autre.

Le jugement que l'on porte sur le fer à l'inspection de sa cassure, est donc toujours incertain. On a déjà observé qu'on ne peut en décider qu'au feu : et quelque bonne réputation qu'ait le fer d'une forge, il ne faut jamais se déterminer d'après l'opinion à en faire des approvisionnemens ; car on a vu des maîtres de forges faire venir des gueuses d'un bon endroit et les faire affiner chez eux.

Il y a du fer qui, quoique nerveux, se casse et se crevasse étant chaud ; c'est celui que les Allemands nomment *rothbrüchig*, et les François, *rouverin* ou *rouvereux :* on a dit ailleurs que ce fer paroissoit tenir sa mauvaise qualité des substances sulfureuses ou arsenicales, et peut-être des parties hétérogènes métalliques ou demi-métalliques, dont il n'a pas été purgé aux premières opérations. Ce fer se soude encore plus difficilement que le fer très-nerveux : on n'en vient à bout qu'en le chauffant violemment à plusieurs reprises, et en employant pour le souder les moyens que l'on a indiqués pour le fer nerveux.

On est souvent trompé dans le choix que l'on fait de préférence de ce fer, parce qu'il a l'apparence du meilleur, et qu'il soutient bien le ploiement à froid.

La grosseur du marteau eu égard à l'épaisseur du fer, ou le défaut du martelage, produisent bien des inégalités dans le tissu des barres ; mais elle peut venir aussi d'une loupe mal affinée, dont une partie peut être composée de fer bien fondu, et une autre d'une fonte tombée par grumeaux dans le creuset de l'affinerie : la première produit du nerf, et l'autre des grains. Cette différence, qui ne s'aperçoit pas dans une grosse barre, se distingue dans une petite.

Il y a dans certains fers des veines de grains ternes et plus fins que le reste de la grainure, que les ouvriers appellent *grains*

*d'acier.* Ce sont des portions de fonte mal purifiées; ces veines sont beaucoup plus dures à la lime que le reste de la barre.

Il y a encore une espèce de fer à grains fins qui n'est pas à rejeter, pourvu que les grains ne soient pas très-ternes et mêlés de veines noirâtres : ce fer ne gagne jamais rien au travail, parce que ses grains tiennent encore trop de la fonte, et que le feu des forges ordinaires n'est pas suffisant pour suppléer au défaut de l'affinage.

Mais celui dont la grainure est égale et blanche, est quelquefois de bonne qualité. Il y en a qui plie sans se casser; il se polit bien, au lieu que le fer nerveux ne peut l'être qu'imparfaitement : sa surface se conserve unie quand on le courbe, et celle du fer nerveux est sujette à se déchirer.

Les fers médiocres ne sont pas non plus à rejeter, surtout dans les grands établissemens, parce qu'on trouve toujours à en faire usage, et qu'ils doivent être à meilleur marché; mais il faut ne les laisser employer qu'aux usages auxquels ils sont propres.

Cependant cette économie devroit être proscrite dans les grands établissemens, par la raison que ce fer pourroit être confondu avec celui de première qualité, et employé pour les pièces qui en exigent de celui-ci.

Réception du fer dans les grands établissemens.

On ne peut pas éprouver toutes les barres de fer qui entrent dans les arsenaux; il suffit d'en casser le quart, surtout quand on est assuré qu'elles viennent d'une forge dont le fer est connu. On peut ensuite, en l'employant, mettre de côté celui qui se trouve mauvais, et le rendre à l'entrepreneur, d'après les conventions du marché, que l'on doit avoir fait avec cette condition.

Dimensions que doivent avoir les fers d'échantillons.

L'on exige, en faisant un marché pour un grand établissement, que les maîtres de forge fournissent un certain nombre d'échantillons [1] pour servir de témoins de leur fourniture, et on dis-

1. On appelle échantillon du fer les dimensions de l'équarrissage ou le diamètre d'une barre.

tingue le fer en plusieurs qualités : la première est celle qui contient plus de nerf. On s'éviteroit le choix que l'on est obligé d'en faire dans leur réception en n'en admettant que de la meilleure espèce ; mais cela n'est guères possible, vu la négligence des ouvriers et une infinité de circonstances inévitables dans la fabrication.

Le prix de chaque qualité de fer étant fixé, on met la plus scrupuleuse exactitude dans leur recette : on porte surtout la plus grande attention sur le fer quarré, qui, ainsi qu'on l'a déjà dit, n'est jamais si bien perfectionné que le fer plat.

On choisit pour témoins, dans les fers plats, une barre de trois pouces de largeur et de cinq lignes et demie d'épaisseur, et une de quatorze lignes de largeur et quatre lignes d'épaisseur ; et dans les fers quarrés, une d'un pouce, une de sept lignes et une pour clous d'applicage.

Quant aux fers ronds, on prend les témoins des mêmes dimensions que ceux du fer quarré ; mais il ne faut pas exiger que les barres soient arrondies. On pourroit le faire pour éviter du travail aux petites forges ; mais il suffit de les demander à huit pans, par la raison qu'en les arrondissant au gros marteau, surtout s'il est trop pesant, la réaction intérieure fait ouvrir le cœur de la barre en étoile, au lieu que cela n'arrive pas aux petites forges.

On a occasion de se convaincre de cet effet dans tous les corps mous que l'on veut arrondir, comme dans un morceau d'argile qu'on roule dans les mains jusqu'à ce qu'il ait pris un peu de consistance. Le cœur des grosses barres quarrées y est aussi sujet.

Dans les fers platinés un des deux témoins doit avoir trois pouces de largeur et deux lignes d'épaisseur, l'autre dix-huit lignes de largeur et une ligne d'épaisseur.

Le tissu de ces témoins doit être analogue à la qualité du fer de la forge d'où on les tire ; c'est-à-dire, que s'il est très-bon, il faut exiger que celui qui est plat, soit moitié nerf ;



que le fer quarré d'un pouce en ait un tiers, ainsi que le fer rond; enfin, que le fer platiné soit presque tout nerf.

Tolérance sur les échantillons.

Dans la réception des fers plats, on passe, dans l'artillerie, depuis neuf points jusqu'à une ligne six points sur la largeur et l'épaisseur de la barre; on est moins strict sur le fer platiné, parce qu'il est plus difficile de le mettre exactement à ses dimensions avec le gros marteau.

On passe sur les fers quarrés depuis trois jusqu'à six points.

Magasin au fer.

On s'est fixé à un certain nombre d'échantillons pour les constructions d'artillerie; ils ont été déterminés d'après une infinité d'essais, et proportionnés aux dimensions de chacune des pièces qui entrent dans la composition des voitures.

On en a formé des magasins dans les arsenaux; ils y sont chacun dans une case qui est étiquetée du N.° de l'échantillon. Ces numéros étant aussi gravés sur les pièces de modèle que l'on met entre les mains des ouvriers, on trouve sans hésiter l'échantillon qui convient à la pièce qu'on veut faire, et l'on est assuré que l'ouvrier emploie le moins de temps possible à sa construction.

Cette disposition est infiniment économe; elle épargne beaucoup de temps et de charbon, parce qu'un ouvrier n'est obligé, pour former une pièce, ni de l'étirer, ni de la refouler, comme il arrive en employant un fer trop gros ou trop petit. Il seroit bien avantageux de faire cet arrangement dans tous les grands établissemens, surtout dans la marine, où il se consomme beaucoup plus de fer que dans l'artillerie; car il en faut 522,706 livres pour un vaisseau de 100 canons, 340,190 livres pour un de 80, et 294,258 livres pour un de 74, etc.

# CHAPITRE XVI.

## *Travail du fer à la Catalane.*

Le traitement du fer à la Catalane a d'abord été en usage dans le pays de Foix, le Languedoc et les autres provinces méridionales, et ensuite en Allemagne.

La mine, au lieu d'être fondue dans des fourneaux, l'est sur des âtres ou aires à creuset; le feu est animé par deux trombes [1] ou soufflets à eau, ou par des soufflets ordinaires. Le marteau est le même que celui des autres forges, mais l'enclume est différente dans le pays de Foix.

Description des trombes. Planche XIII.

Une trombe est composée de trois parties, 1.° le corps *A*; 2.° l'entonnoir *B*; 3.° les naseaux *C*. L'eau est l'agent principal des trombes; elle tombe dans l'entonnoir et de là dans le corps, qui la dirige sur une pierre plate *D*, où elle se réduit en partie en vapeurs.

Planches XII et XIII.

Les naseaux servent à fournir de l'air dans le corps de la trombe, et cet air est entraîné par la chute de l'eau jusques sur la pierre, d'où il se dirige dans la caisse à vent *H*, et parvient au creuset par la tuyère *E*; l'eau s'écoule dans le canal *F*.

L'entonnoir a deux pieds neuf pouces de hauteur, un pied six pouces d'équarrissage dans le haut, et neuf pouces dans le bas.

Le corps a le même équarrissage que le bas de l'entonnoir auquel il se réunit. Sa longueur est de dix pieds six pouces, et saillit de dix pouces dans la caisse à vent.

On fait au-dessous de l'entonnoir, et dans un des côtés du corps, une ouverture de six pouces de hauteur et quatre pouces de

1. On ne fait pas usage de trombes en Allemagne.

largeur, dont les quatre côtés se réunissent en talus à l'intérieur du corps. Cette ouverture sert d'évent à l'eau, et l'air qui s'y introduit en même temps, augmente celui qui entre par les naseaux.

Les naseaux sont des troncs de pyramides quarrées, dont la hauteur est de six pieds, l'ouverture supérieure de dix pouces, et l'orifice inférieur de deux pouces d'équarrissage : ils se logent de dix pouces dans le corps, et sont contenus dans le haut entre deux poutrelles fixées sur le bord du bassin.

Planche XII.

La caisse à vent est composée de deux parties, 1.° la caisse *H*, et 2.° le porte-vent *G*, au bout duquel la buse *I* est fixée.

La caisse, y compris le porte-vent, a dix pieds six pouces de longueur, quatre pieds six pouces de largeur sous les trombes, et un pied huit pouces contre la buse.

La buse est de fer, et aboutit à six pouces du bout de la tuyère *E* : celle-ci est de cuivre rouge, sa base est plate et son dessus arrondi ; son bout est courbé en dessous et dirigé vers le fond du creuset, à une hauteur réglée par le maître, et communément à dix pouces.

On règle l'action des trombes au moyen d'un tampon suspendu dans l'entonnoir à un levier *K*, qui correspond à une chaîne *L*, commune aux deux trombes, et qui est à la portée de l'ouvrier chargé de régler le vent.

L'âtre ou l'aire.

L'aire *M* a dix à douze pieds en quarré, et son dessus est formé en talus ; sa hauteur près du mur est de niveau avec le creuset, et sur le devant elle n'a que dix-huit pouces au-dessus du sol.

Le creuset.

Le creuset *O* est placé à un des angles du mur de clôture *N*.

Planches XII et XIII.

Le toit du hangar sous lequel sont les usines de la forge, est ouvert au-dessus de l'aire pour le passage des bluettes et de la fumée.

Noms des faces du creuset.

Les quatre faces du creuset portent les mêmes noms que celles du creuset d'affinerie, c'est-à-dire, le côté de tuyère, celui de contre-vent, celui de tympe, et celui de rustine ou de devant.



*Dimensions du creuset.*

| | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|
| Hauteur ................................. | 3 | » | » |
| Distance du côté de tuyère au contre-vent... | 1 | 9 | 6 |
| *Idem* de la tympe à la rustine .............. | 2 | 1 | 6 |

NB. Son ouverture au niveau de l'aire a un pied d'équarrissage de plus que dans le bas.

On place sous le caillou du fond du creuset une grille de fer *P*, qui en forme le fond : les barres de cette grille sont parallèles à la face de tuyère. Figures 12 et 13.

La face de tuyère est garnie jusqu'à la hauteur de la tuyère avec des barreaux de fer de trois à quatre pouces d'équarrissage, placés horizontalement. On remplit l'intervalle qu'il y a des barreaux au mur de clôture avec des cailloux et de la terre glaise. On continue ce contre-mur au-dessus de la grille en suivant l'inclinaison de cette face du creuset.

Le contre-vent est fermé jusqu'au niveau de l'aire avec de pareils barreaux.

Le devant du creuset, que les ouvriers nomment face du *chio*, a vingt pouces de hauteur et remplit l'intervalle des côtés. Il est aussi construit avec des barreaux ; mais ceux-ci sont placés debout à côté l'un de l'autre, et inclinés en dehors : les deux du milieu sont séparés par l'intervalle qui sert de passage à l'écoulement du laitier.

Ces barreaux sont contenus dans le bas entre ceux de la grille, et dans le haut par une barre de fer ronde, de deux pouces de diamètre, qu'ils traversent. Les bouts de cette barre sont logés de sept à huit pouces dans le mur de clôture et dans le massif de l'aire. Elle sert de base à un glacis d'environ un pied de largeur, formé avec des bandes de fer qui se touchent. Ce glacis sert à entreposer la loupe lorsqu'on la retire du feu, et les masselotes ou lopins qu'on chauffe pour les mettre en barres. Il fournit

aussi un point d'appui aux outils dont on se sert pour travailler dans le creuset : c'est en dessous du milieu de ce glacis qu'est pratiquée l'ouverture pour l'écoulement du laitier.

Le fond du creuset *O* est formé en cul de chaudron : on y place un gros caillou, qui doit le remplir aussi complétement qu'il est possible et autant que son contour le permet ; les vides qu'il laisse sont remplis avec du cailloutage et de la terre glaise.

Le massif de l'aire se construit avec de grosses pierres et sans précaution, à moins qu'il ne soit sujet à l'humidité ; en ce cas on pratique en dessous des canaux pour l'écoulement de l'eau.

Marteau. Le jeu du marteau est le même que celui des affineries ; mais le bloc de son enclume, au lieu d'être de bois, est formé en Languedoc avec une grosse pierre dure tirée nouvellement de la carrière, parce qu'elle conserve plus de liaison que si elle avoit été exposée long-temps à l'air. On y emploie aussi un gros caillou, quand il s'en rencontre près de la forge.

Planches XII et XIII. Cette pierre doit avoir quatre à cinq pieds de diamètre et trois d'épaisseur. On creuse dans son milieu le logement d'une crapaudine de fer quarrée et ouverte en dessus, pour recevoir le bouton aussi quarré formé en dessous du milieu de l'enclume.

Il faut que ce bouton entre forcément dans la crapaudine pour ne pas être ébranlé par les vibrations qu'occasionne le marteau.

L'enclume *Q* a quatre à cinq pouces de largeur, un pouce six lignes d'épaisseur et trente-deux pouces de longueur. Ses bouts sont amincis et coudés en dessous ; ils se logent dans la pierre et y sont plombés. Le bloc de l'enclume est maçonné dans un massif de grosses pierres.

Le marteau pèse 1000 à 1200 livres, et n'agit que par son poids. Il est élevé par trois cames, qui ont six pouces de saillie, et qui sont logées de la même longueur dans l'arbre du marteau, où elles sont contenues par des bandes de fer encastrées de leur épaisseur dans la longueur de l'arbre, et elles y sont fixées par des cercles.

Ces cames ont la figure de dents de loup, et frottent en tournant sur une pièce de bois ou *coussinet* qui, n'étant maintenu sur le bout du manche que par un cercle de fer, peut s'enlever aisément et être renouvelé quand il est usé.

Outils

Les outils de ces établissemens sont à peu près les mêmes que ceux des autres forges : on en trouvera le dessin dans la planche XIII.

Grillage

Avant d'employer la mine au creuset, on la grille dans une enceinte de maçonnerie de six pieds de hauteur, dix-huit pieds de longueur et douze pieds de largeur.

Les angles de cet espace en maçonnerie sont arrondis par un quart de cercle de dix-huit pouces de rayon, afin d'empêcher que la mine ne s'y loge et qu'elle ne soit complétement grillée.

On remplit la base de ce fourneau avec une couche de dix-huit pouces de gros branchages, sur lesquels on met un lit de mine, ensuite un lit de charbon de sapin ou bois blanc de préférence, afin que le grillage se fasse lentement; à leur défaut on emploie du chêne ou un autre bois dur. [1]

On allume ensuite le feu; et quand tout le bûcher est consumé, le grillage est fini. Lorsque la mine est refroidie, on la porte au bocard pour la réduire en morceaux de la grosseur d'une petite noix.

NB. 1.° La mine perd au grillage environ un quart de son poids; 2.° douze cents livres de mine consomment au grillage un sac de charbon de quatre pieds de longueur et deux pieds de diamètre.

Ouvriers.

Chaque forge est servie par huit ouvriers, dont quatre maîtres et quatre aides, qui se relèvent par moitié toutes les six heures; savoir : un *foyer* ou premier maître, un *maillet* ou second maître, et deux *escolas*. Ces premiers ouvriers ont pour aides deux pique-mines, un second maillet et un valet.

1. On consomme un cinquième de plus de charbon de bois blanc que d'autre. Dans d'autres pays il n'est pas toujours nécessaire de griller la mine.



Fonctions des ouvriers.

Le *foyer* dirige toutes les opérations, et surtout la construction du creuset, la position de la tuyère et le feu : il préside aussi au grillage de la mine.

Le *maillet* a la conduite de l'attirail du marteau et du martelage.

Les *escolas* ont la surveillance et l'entretien du feu.

Les *pique-mines* sont chargés du grillage de la mine sous l'inspection du foyer, et la bocardent.

Le *second maillet* supplée le premier dans toutes ses fonctions; il se trouve toujours de service avec le foyer.

Le *valet* aide les escolas, il fournit le creuset de mine et de charbon.

Il y a un neuvième ouvrier chargé de toutes les petites manœuvres auxquelles les autres n'ont pas le temps d'être employés, mais qui n'est d'aucun des métiers de la forge.

Il faut pour une charge 900 livres de mine grillée et bocardée de la grosseur d'une petite noix ; on la crible pour en séparer les plus petits morceaux et la poussière, dont on fait des tas que l'on humecte pour être employés comme on le verra ci-après. On mêle avec la mine la dose de fondant nécessaire après l'avoir réduit en poudre.

Chargement du creuset.

Voyez la planche XIII.

On remplit d'abord le fond du creuset avec de la charbonaille mêlée de gros charbons jusqu'à la hauteur de quatre pouces ; on place ensuite la pelle destinée à séparer dans le creuset la mine d'avec le charbon. Elle doit former une cloison verticale qui partage le creuset inégalement ; on laisse les deux tiers de sa largeur du côté de la tuyère pour le charbon, et l'autre tiers est destiné à loger la mine. On met d'abord le charbon et on le presse afin qu'il y ait le moins de vide possible.

L'espace destiné pour la mine ne pouvant pas contenir les 900 livres, on conserve le reste sur le bord du contre-vent, d'où elle descend d'elle-même successivement dans le creuset. On relève la pelle à mesure que la mine se fond ; quand le creuset

est rempli et qu'il ne reste plus de mine sur l'aire, on la retire en prenant le point d'appui de son manche sur le glacis du creuset.

Avant d'enlever la pelle, on donne de la consistance au charbon qui touche à la mine, en faisant couler le long de la pelle du frasil et en jetant de l'eau dessus.

Avant de lâcher le vent, on couvre la charge avec du charbon jusqu'à la hauteur d'un pied et demi : on donne le vent peu à peu; ce n'est qu'environ après une demi-heure qu'on ne le retient plus.

D'abord qu'il y a une partie de la mine de fondue, ce que le foyer connoît par l'usage, il jette sur le feu une certaine quantité de cette poussière ou pierraille de mine qui a passé par le crible, et il a soin de l'arroser pour l'empêcher de fondre trop vîte; il emploie ainsi par reprises toute la poussière ou pierraille provenant des 900 livres.

Quatre heures après le commencement du feu, on ouvre le chio, et quand il ne coule plus de laitier, on le bouche avec de la terre glaise. Cet écoulement est réglé par le foyer, qui le réitère aussi souvent qu'il le croit nécessaire.

Si le feu est bien conduit, la loupe doit être formée au bout de six heures, en y comprenant le temps qu'on a mis à charger le creuset.

Tous les ouvriers se rassemblent pour enlever la loupe ; on arrête le vent; on la découvre et on la débarrasse des scories dont les angles de la rustine sont toujours remplis.

On introduit par le chio un ringard avec lequel on détache la loupe du fond du creuset ; le foyer seul reste sur l'aire pour diriger la manœuvre : on enlève la loupe avec des crochets, et on la fait tomber sur le devant du creuset, où on la rassemble avec une masse de bois.

On la porte ensuite au marteau, que l'on a eu la précaution de relever à sa plus grande hauteur avant de la poser sur l'en-

clume. Il faut avoir soin de la couvrir au sortir du creuset avec du frasil, afin qu'elle ne se refroidisse pas avant d'arriver sous le marteau.

Planche XIII. On commence par l'aplatir et on la divise avec le couperet en deux parties nommées *masselotes* ou lopins : on en laisse une enterrée dans des scories et recouverte de charbon, afin qu'elle s'entretienne chaude pendant qu'on rougit l'autre au creuset et qu'on l'étire en barres; on reprend ensuite la première et on l'étire à son tour. Le temps qu'il faut pour former la loupe suivante suffit pour l'étirage des deux masselotes.

Pendant qu'on cingle la loupe, on recharge le creuset pour une seconde opération. Les huit ouvriers sont tous employés dans ce moment; le reste du temps il n'y en a que quatre : le deuxième maillet doit toujours être de service en même temps que le foyer, ainsi qu'on l'a dit.

La loupe est ordinairement composée de fer et d'acier : on y distingue même deux sortes de fer, dont l'un est plus nerveux que l'autre; on en sépare les barres, et dans le commerce elles sont d'un prix différent.

La loupe ne produit pas régulièrement de l'acier : les ouvriers attribuent cette irrégularité au hasard ou à la qualité de la mine; ils remarquent en même temps que quand il s'y en trouve, c'est toujours dans la partie de la loupe qui s'est formée du côté du chio.

Le maillet distingue, à la dureté, le fer d'avec l'acier, et les sépare dans l'étirage : il trempe les barres d'acier dans l'eau en sortant du marteau, ainsi que celles qui sont mêlées de fer et d'acier, et les coupe vers l'endroit de la réunion pour les séparer.

Preuve du système du laitier. Le fer qui provient du travail à la Catalane devient malléable à la première opération, parce que le laitier s'en écoule librement, et par conséquent en plus grande quantité que dans les hauts fourneaux : dans ceux-ci, lors de la fusion de la mine, il

surnage les parties métalliques dans le creuset, en sorte que, ne pouvant s'écouler que par la surface, le fer de première fusion en conserve trop, et l'on est obligé de l'en débarrasser par l'affinage.

Ce travail produit, comme on l'a dit, de l'acier à la première fusion; et il se trouve toujours du côté du chio, où l'écoulement du laitier se faisant sans doute plus complétement qu'ailleurs, les parties métalliques peuvent mieux se rapprocher, former un corps plus dense que dans le reste de la loupe, et remplir par conséquent la condition qui distingue l'acier du fer.

### N.° 1. *Fusion de la mine de l'île d'Elbe aux petits fourneaux de Corse.*

Ce travail, pour lequel il faut quatre hommes, a pour but, comme celui à la Catalane, d'obtenir par une première fusion du fer malléable. La mine doit être grillée, brisée et triée. Sept à huit quintaux, par fonte de vingt-quatre heures, peuvent produire moitié en fer. L'âtre à creuset ressemble assez à celui d'une affinerie; le marteau est du poids d'environ trois quintaux, et le vent est produit par une trombe à eau. Le creuset est une cavité sphérique, qui, étant garnie de poussier de charbon bien tapé, conserve environ trente pouces de diamètre et de six à sept pouces de profondeur.

Pour commencer la fonte, on forme avec des charbons [1] de cinq à six pouces de long, rangés à côté les uns des autres, un demi-cercle autour de la cavité à l'opposite de la tuyère; on met par-dessus ces charbons une couche de quelques pouces de hauteur de mine brisée. Autour de cette couche l'on forme avec du poussier de charbon un rebord de même hauteur, et l'on soutient le tout par un petit mur composé de morceaux de mine plus gros et non grillés, dont on remplit les interstices

1. On ne se sert en Corse que de charbon de châtaignier.

avec du poussier de charbon. L'on élève successivement plusieurs couches pareilles sur la première, jusqu'à la hauteur d'environ trois pieds; on jette alors quelques gros charbons allumés dans l'intérieur, que l'on recouvre de charbonaille, et on laisse aller le soufflet. A mesûre que le charbon se consomme, on agite l'intérieur avec une perche en ménageant les parois du mur. On ajoute successivement du charbon, et après trois ou quatre heures la fusion est opérée, et la mine qui formoit le mur se trouve entièrement grillée.

L'on retire du feu le culot de fer produit par cette fusion, et on le refroidit en le plongeant dans l'eau. Pour en faire une loupe par l'affinage, on nettoie le creuset et on le remplit de charbon; on laisse aller le soufflet, et l'on met sur les charbons quelques morceaux de ce culot, lesquels entrent lentement en fusion pâteuse, de manière que le laitier et les scories deviennent fluides, et que les parties de fer raffinées descendent sans couler et se rassemblent dans le creuset. Lorsque le quart environ de la fonte a été raffiné de cette manière, ce qui a lieu après deux ou trois heures, on fait écouler le laitier, l'on sort la loupe du feu, et on la rassemble devant l'âtre à coups de masse de bois, pour en détacher les scories; de là elle est portée sous le marteau et étirée en barres en trois chaudes au plus. Pendant ce temps on prépare l'âtre pour une autre fonte, ou pour affiner les parties restantes du culot.

### *N.° 2. Fusion de la mine aux petits fourneaux d'Allemagne.*

En Allemagne, et surtout dans le haut Palatinat, on fond la mine dans un foyer ordinaire d'affinerie, dont la cheminée ne diffère de celle-ci que par la grandeur de son âtre, qui doit avoir quinze à vingt pieds d'équarrissage, et sa cheminée trente de hauteur.

Le creuset est formé en puits arrondi; son diamètre est de trois pieds, et sa profondeur de deux; il est placé à deux pieds du mur de tuyère. Comme ce mur est sujet à se dégrader par la chaleur, on l'épaissit d'un contre-fort arrondi de six pieds de hauteur, dont la sommité se termine en pain de sucre et se réunit au mur de tuyère. La longueur de sa base est de dix pieds, et le rayon de son plus grand arc vis-à-vis de la tuyère se termine au creuset.

La tuyère est percée au niveau de l'âtre. Le feu est animé par deux soufflets de huit à neuf pieds de longueur.

Le fond du creuset est percé d'un trou qui aboutit à un plan incliné, entaillé sur le devant du fourneau, pour l'écoulement du laitier.

On garnit d'abord le fond du creuset avec du poussier, et on achève de le remplir avec de gros charbon ; on y jette ensuite de la mine mêlée avec sa dose de castine ; à mesure que la charge baisse, on y remet du charbon alternativement et de la mine. On a soin d'arroser toutes les charges de charbon, après les avoir couvertes chacune avec de la petite charbonaille.

On fond dans cette forge, en neuf heures de temps, environ 1000 livres de mine, qui produisent à peu près 300 livres de fer, et qui consomment vingt à vingt-deux mesures de charbon de vingt-sept pieds cubes chacune.

## CHAPITRE XVII.

### *Notes sur les différens charbons.*

#### *Charbon de bois.*

La différence des combustibles employés pour rougir le fer, en occasionne une dans le déchet : une chaude donnée avec du charbon de bois brûlé à propos, en donne le moins d'après l'expérience, surtout lorsqu'on emploie du charbon de pin et de sapin. Les bois à feuilles, conservant souvent des sucs acides, agissent plus puissamment sur le fer.

La flamme du bois, lorsqu'elle agit librement sur le fer, est plus destructive que la chaleur du charbon, à cause de l'air qu'elle entraîne avec elle, qui accélère l'émanation des parties métalliques. L'acide que cette flamme contient contribue aussi beaucoup à la dissolution du fer. Si l'on garantit ce métal du contact immédiat de la flamme, ces deux inconvéniens disparoissent.

#### *Charbon de pierre.*

Le charbon de pierre, lorsqu'il touche immédiatement le fer, en accélère infiniment la destruction, surtout s'il contient des pyrites ou de l'acide sulfurique, ce qu'indiquent des taches bleues, vertes et violettes, répandues à sa surface : tel est celui de l'île d'Elbe. Les forgeurs intelligens choisissent ces sortes de charbon et en entourent le fer; et comme leur propriété est de s'aglutiner, ils forment une voûte qu'ils ont soin d'entretenir, et qui concentre la chaleur et sauve le contact du fer au charbon.

Il y en a d'autres qui écrasent le charbon avec un marteau, le mouillent et en entourent la barre placée d'avance au foyer; ils allument le feu et laissent aller les soufflets: lorsque la voûte est enflammée intérieurement, ils la percent sur le devant et autour de la barre, et forment l'ouverture assez large pour pouvoir distinguer le degré de chaleur que le fer prend successivement.

On entretient l'épaisseur de cette voûte en la rechargeant de temps en temps avec le même charbon dont on l'a d'abord formée.

*Charbon de tourbe.*

La tourbe et le charbon de tourbe produisent une cendre très-fusible, qui se répand bientôt autour du fer et le garantit de la calcination; mais ils donnent ordinairement une chaleur moins forte et crassent l'âtre. Il faut laisser le fer long-temps au feu si l'on veut pousser la chaleur au même degré qu'avec le charbon de bois; alors le déchet causé par la combustion du fer, est plutôt plus grand que moindre que celui occasioné par le charbon de bois. Au reste la qualité de la tourbe est très-variable, et le charbon de tourbe a un grand avantage sur la tourbe même. [1]

*Épreuves de comparaison du charbon de bois avec le charbon de tourbe.*

1.° On s'est servi du même feu et du même forgeur pour cette comparaison. 1.re Épreuve, du 29 Décembre 1802.

2.° On a mesuré les deux charbons dans une même caisse pour en comparer les volumes.

3° On a pesé chaque charbon.

Celui de bois a pesé.............................. 21 ℔

Celui de tourbe .................................. $34\frac{1}{4}$

1. Extrait des mémoires de l'academie de Suède de 1781, cité par Rinmann, conseiller des mines. Édition de Berlin, 1785.

On a coupé en quatre morceaux, d'environ dix-huit pouces de longueur, une barre de fer d'égales dimensions.

On a nettoyé le feu et on l'a garni avec du charbon de bois.

Quand le feu a été allumé, on y a mis deux des barreaux de fer posés l'un sur l'autre, sans se dépasser, dans la vue d'en souder les bouts.

Ces barreaux ont été chauds et prêts à être amorcés en trois minutes.

On les a remis au feu pour atteindre le degré de chaleur nécessaire à la soudure, et après cinq minutes on les a soudés.

Il a donc fallu en tout huit minutes pour souder ces barreaux.

On a nettoyé le feu du charbon de bois de l'opération précédente, et on l'a garni avec celui de tourbe.

Quand le feu a été allumé au même degré que ci-devant, on y a introduit les deux autres barreaux aussi posés l'un sur l'autre.

Le bout de ces barreaux n'a été prêt à être amorcé qu'après quatre minutes, c'est-à-dire, une minute plus tard qu'avec le charbon de bois.

On les a mis au feu pour les souder, et après six minutes ils ont acquis le degré de chaleur nécessaire à la soudure, au lieu de quatre qu'il a fallu avec le charbon de bois; mais on n'a pas pu les réunir : il a fallu les remettre au feu, et ce n'est qu'après encore quatre minutes et demie qu'on a pu les souder.

Il résulte de ces deux opérations que le charbon de bois de sapin, auquel on a comparé celui de tourbe, a plus de chaleur, puisque la soudure des deux premiers barreaux s'est faite en huit minutes, et que celle des deux autres, chauffés avec du charbon de tourbe, n'a pas pu se faire après dix minutes, et qu'il a fallu les remettre au feu pendant quatre minutes et demie pour pouvoir les souder.

## *Comparaison de ce qui s'est consommé de charbon à chaque épreuve.*

La même caisse a servi à mesurer les deux charbons.

*Dimensions de la caisse.*

| | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|
| Hauteur | 17 | 5 |
| Largeur | 12 | 5 |
| Longueur | 17 | 5 |
| Hauteur du vide qu'occupoit le charbon de sapin qui a été consommé | 5 | 5 |
| Hauteur d'*idem* du charbon de tourbe | 7 | 5 |

Les quantités consommées étant dans le rapport des hauteurs du vide, c'est-à-dire, comme 11 : 15, quinze sacs de charbon de tourbe équivalent à onze sacs de charbon de bois.

2.e Épreuve, du 15 Décembre 1803.

Il résulte d'une seconde épreuve sur le charbon de tourbe, que dans sept quarts d'heure, et en consommant une mesure de charbon, on est bien parvenu à souder une boîte de roue; mais elle n'a été soudée qu'imparfaitement dans l'intérieur, tandis qu'elle a été en partie brûlée extérieurement.

Il a été observé dans ce travail qu'une grande quantité de parties terreuses s'est attachée au fer, et ce sont elles qui ont nécessairement mis obstacle à la soudure.

On a fait ensuite la même opération avec le charbon de bois, et la soudure de la boîte s'est très-bien faite dans une heure avec une demi-mesure de ce charbon.

Pour bien constater la comparaison de ces deux épreuves, on en a faite une troisième avec le charbon de tourbe, et après une heure de chauffe le fer n'a pu prendre que le rouge cerise, ce qui a obligé le forgeur à renoncer à la soudure et à discontinuer le travail.

Il est donc démontré, 1.° qu'avec une mesure de charbon de tourbe il a fallu, pour souder imparfaitement une boîte de roue, trois quarts d'heure de plus que pour en souder une parfaitement pareille avec une demi-mesure de charbon de bois;

2.° Que le déchet du fer avec le charbon de tourbe a été d'un tiers plus fort que celui de l'opération faite au charbon de bois.

FIN DU TRAITÉ DU FER.

# DEUXIÈME PARTIE.

# DE L'ACIER.

## CHAPITRE PREMIER.

### *De l'acier en général.*

L'ACIER est composé des mêmes parties métalliques que le fer; seulement il en contient davantage à volume égal. La même fonte produit de l'acier ou du fer, selon qu'on la traite : l'art de faire de l'acier consiste donc à réunir les parties métalliques dans un moindre volume.[1]

On peut se former une idée de la différence du fer à l'acier, en comparant le fer à un cordage imprégné de goudron, et l'acier au même cordage après qu'on a exprimé ou fait écouler au feu la plus grande partie de ce goudron et qu'on a rapproché les fils par la compression. Si l'on compare en même temps le laitier que contient le fer au goudron, et ses fibres aux fils de ce cordage, on conclura que le procédé de la conversion du fer en acier consiste à faire écouler, au moyen d'un violent degré de feu, tout le laitier qui n'est pas nécessaire à la soudure des parties métalliques, et à rapprocher ces parties à coups de marteau. C'est ce procédé qu'on suit pour faire avec de la fonte l'acier que l'on nomme *naturel*. 1.er procédé.

Si l'on se contente de faire écouler le laitier, il en résulte des vides entre les parties métalliques; et si l'on pousse le degré de 2.e procédé.

1. Il y a un trop grand nombre d'expériences faites relativement à l'acier pour les noter en marge : on ne cite dans ce traité aucune opération qui n'ait été éprouvée.

chaleur au point de les ramollir assez pour qu'elles s'adossent sans le secours du marteau, on obtient un acier factice, dit *de cémentation*. On emploie effectivement ce moyen pour faire de l'acier avec du fer en barre.

Ces deux procédés ne procurent que de l'acier brut, qui n'est pas encore bon à employer; il faut le raffiner, c'est-à-dire, augmenter le nombre de ses fibres dans un même volume.

On aura l'idée de cette opération en reprenant la comparaison du cordage. Si on le suppose composé de cent fils et qu'on le double, il en résultera un ensemble de deux cents fils, et un de quatre cents en doublant de nouveau : il en est de même de l'acier; on double le nombre de ses fibres en le pliant, en le soudant*, et en l'étirant pour lui conserver la même épaisseur; et ainsi de suite. La première doublure fait prendre à l'acier le nom de première marque; la seconde, celle de deuxième marque; et enfin la troisième, celle de troisième marque : on ne pousse guères le raffinage de l'acier au-delà de la quatrième; ce degré est suffisant pour rendre l'acier naturel propre aux ouvrages les plus fins, auxquels on emploie de préférence l'acier de cémentation.

Mon opinion sur la conversion du fer en acier paroîtra neuve à ceux qui expliquent cette modification du fer par des combinaisons dont l'existence physique n'est point prouvée, et que l'on conjecture seulement par les effets de différentes substances qui n'opèrent que comme agens : tels sont le charbon végétal [1] en poudre, la suie et les graisses, dont l'influence pour la formation de l'acier est généralement reconnue, et qui ont, ainsi qu'on

---

1. La conversion du fer en acier par l'introduction du charbon est en effet difficile à concevoir : car pour opérer la cémentation du fer, il est nécessaire de le chauffer prêt à fondre, ce qui doit occasionner une violente dilatation de l'air qu'il contient, puisque ce qui en reste dans la barre à la fin de l'opération a encore la force de soulever en bulles sa surface, et doit empêcher par là l'introduction de toute autre substance.

l'a déjà dit ailleurs, la propriété de favoriser la réduction de la terre métallique du fer, et par conséquent, quand on le chauffe violemment, d'empêcher la destruction de sa surface en l'enveloppant. Aucune autre substance ne le garantit de sa destruction; une substance absorbante, comme la chaux, le rend même très-nerveux, par la propriété qu'elle a, sans doute, par sa nature alcaline, de servir de fondant au laitier qui conserve dans le fer sa qualité vitreuse.

Le sable, en se vitrifiant, forme autour du fer une croûte qui, en le garantissant du contact de l'air, empêche sa destruction.

On a vu dans mes expériences sur la réduction de la terre métallique du fer, que la graisse opéroit le même effet que la poudre de charbon; mais son peu de durée au feu la rend inutile pour la conversion du fer battu en acier.

Les coups de marteau sont également nécessaires pour achever la conversion de l'acier *naturel* et de l'acier *factice*. Ils sont indispensables pour la formation du premier; ils servent pour le second à rétablir dans leur état naturel les parties métalliques dérangées par la cémentation, et dans l'un et l'autre, à rapprocher leurs fibres.

Il y a de l'acier naturel qui se forme par une fusion lente de la mine et par le seul écoulement du laitier, qui permet aux parties métalliques de s'accumuler, comme dans le travail à la Catalane, dont on a parlé au traité du fer : cet acier est prêt à être étiré sous le marteau sans autre préparation.

Dans tous les cas on voit l'acier se former par l'évacuation du laitier qui lui est surabondant, et par le rapprochement des parties métalliques; et si celles-ci sont assez ramollies pour s'adosser pendant que le laitier s'écoule, les deux opérations de la conversion du fer en acier ont lieu en même temps.

Si l'on précipitoit l'écoulement du laitier par un feu trop violent, les parties métalliques n'auroient pas le temps de se rapprocher, et resteroient séparées par les vides que le laitier auroit

laissés en s'écoulant, et au lieu d'avoir de l'acier, on auroit du fer nerveux.

La proximité des fibres de l'acier doit être telle que l'effet de la trempe suffise pour achever de lui donner la densité qu'on en exige, et elle ne pourroit pas la produire si, après la conversion, les fibres restoient trop éloignées les unes des autres; car plus elles sont écartées, plus leur ensemble tient de la consistance du fer, sur lequel la trempe ne produit qu'un effet insensible : de sorte que l'on peut dire que la bonté ou la dureté de l'acier dépend essentiellement de l'adhérence de ses fibres avant la trempe.

Le fer, après sa conversion en acier, est encore de l'acier brut, qui dans cet état n'est pas propre à être employé aux usages auxquels il est destiné ; il faut auparavant le raffiner pour le rendre traitable : ses fibres sont trop grosses, et il reste à les filer et à les rapprocher; ce n'est qu'après cette opération qu'il devient susceptible de prendre de la dureté à la trempe. A quelque degré qu'on le raffine, il ne doit pas y rester de ces veines nerveuses qui font que la barre, au lieu de se casser nettement quand on la rompt, se déchire.

Il y a, ainsi qu'on vient de le voir, deux procédés pour convertir le fer en acier. Le premier consiste à purifier le fer de fonte du laitier surabondant à la dose que l'acier doit en conserver pour la réunion de ses parties métalliques, en leur donnant en même temps la liberté de se rapprocher par l'effet du marteau.

L'acier fait par cette méthode se nomme *acier naturel :* on lui donne le même nom quand il est formé immédiatement par la fusion de la mine, à l'aide d'un feu très-lent et de longue durée, dans un creuset à la Catalane.

Le second procédé a pour objet de convertir le fer battu en acier; on ne l'emploie en grand que dans les pays où il n'y a pas d'acier naturel, comme en Angleterre, où il se fait beau-

coup de quincaillerie, que l'on travaille plus aisément avec le fer avant qu'il ne soit converti en acier, parce qu'il est moins dur.

Ce procédé exige plus de temps que le premier, quoique le fer battu contienne moins de laitier intrinséquement que celui de fonte, et que par cette raison il diffère moins de l'acier; mais le feu que l'on emploie à cette conversion n'étant pas animé par un soufflet, il est plus doux et plus lent. C'est cet acier qu'on nomme acier *factice* ou *de cémentation.*

Ces deux conversions ont, comme on le voit, les mêmes principes, puisqu'elles procurent également de l'acier; mais les moyens d'y parvenir sont différens.

On va entrer successivement dans le détail de ces deux opérations.

## CHAPITRE II.

### *De l'acier naturel ou de fusion.*

#### *Construction de la forge et préparatifs de la fusion.*

Les feux ou creusets où l'on fait l'acier, ont la même figure que ceux qui servent à l'affinage du fer; ils ne diffèrent de ceux-ci que par leurs dimensions, et surtout par l'élévation de la tuyère au-dessus du fond, ainsi que par l'inclinaison des soufflets. La direction du vent est une des principales connoissances de l'aciéreur : on souffle plus bas pour faire de l'acier que pour faire du fer ; le vent subdivise mieux la matière et porte plus de chaleur dans le fond du creuset.

Quoique tous les ouvriers conviennent de ces principes, chacun d'eux a son opinion sur l'emplacement de la tuyère et donne des dimensions particulières au creuset : ce qui fait croire que l'exactitude de ces proportions est indifférente. Leur habileté à cet égard semble consister à changer la direction du vent pendant l'opération, selon le besoin.

Cependant, pour se fixer à quelque chose, on va donner les dimensions d'un creuset où l'on a vu faire de très-bon acier, d'après le procédé que l'on suit en Styrie; on parlera ensuite de la méthode Carynthienne et de ce qui se pratique à cet égard en Dauphiné : celles des autres pays sont à peu près conformes aux deux premières.

Dimensions générales du creuset.

| | | Pieds. | Pouces. |
|---|---|---|---|
| Longueur ou distance de la tympe à la rustine.... | | 2 | 4 |
| Largeur ou distance du côté de tuyère au contre-vent. | | 2 | » |
| Profondeur | à la tympe depuis le dessous de la taque d'ouvrage et au contre-vent........ | 1 | 5 |
| | à la rustine, et hauteur du dessous de la tuyère au-dessus du fond du creuset.. | » | 5 |

Le mur de tuyère, le côté du contre-vent et celui de rustine, sont garnis chacun d'une taque ou plaque de fonte. Ces taques ont environ deux pouces d'épaisseur; leur largeur est de trois pouces plus grande que la hauteur de la place qu'elles doivent occuper dans le creuset, et leur longueur est déterminée par celle du côté qu'elles forment : il n'y a que celle du contre-vent qui a quatre pouces de longueur de plus que ce côté, parce qu'elle doit déborder le devant du creuset ; elle est inclinée de deux pouces extérieurement, et les deux autres sont verticales.

La taque de tuyère, que les Allemands nomment *Wärme-taque*, est logée dans le mur des soufflets, et sert à porter la tuyère ; on la fait, comme dans les affineries, plus large au bout de devant qu'à celui de rustine, afin qu'en l'avançant plus ou moins on puisse soutenir la tuyère à différentes hauteurs.

Le devant n'est fermé qu'avec deux montans de pierres, entre lesquels on laisse un intervalle d'environ huit pouces vis-à-vis le milieu du creuset. Ces montans servent de support à une plaque de fonte placée horizontalement, que l'on nomme *taque d'ouvrage*.

Taque d'ouvrage.

Il est nécessaire que cette taque soit solidement établie, parce qu'elle doit servir d'appui aux ringards dont l'aciéreur se sert pour travailler le fer dans le creuset. On la soutient par deux larges barres placées à côté l'une de l'autre dessus les montans : un de leurs bouts est engagé dans le mur des soufflets, et l'autre porte sur l'âtre de la cheminée.

| | Pieds. | Pouces. |
|---|---|---|
| Longueur de la taque d'ouvrage.................. | 3 | 4 |
| Largeur.......................................... | 1 | " |
| Épaisseur....................................... | " | 2 |

Le bord intérieur de cette taque affleure celui des montans; l'intervalle qu'il y a entre eux et la taque de rustine détermine la longueur du creuset.

L'intervalle des montans est fermé en dessus, à la hauteur de six pouces, avec une plaque de tôle épaisse.

Cette plaque est pliée à angle droit, et forme un rebord qui est engagé entre la taque d'ouvrage et les barres qui la soutiennent. Son usage est d'empêcher le frasil, avec lequel on bouche le devant du creuset quand on le charge, de s'écouler par l'intervalle des montans : le bas de cette ouverture se ferme ensuite avec deux morceaux de fonte posés l'un sur l'autre.

On remplit le fond du creuset avec une seule pierre de grès, dont le dessus est à la distance prescrite du bas de la tuyère. Cette pierre est renouvelée quand elle est calcinée.

La plaque du contre-vent. Le bord supérieur de la taque de contre-vent est recouvert par une plaque de fonte d'environ deux pouces d'épaisseur, placée horizontalement. Son dessus est à peu près de niveau avec la taque d'ouvrage, qu'elle touche intérieurement et avec laquelle elle est en équerre. On fait saillir cette plaque de quatre pouces dans le creuset, afin qu'elle y forme une espèce de voûte pour empêcher la flamme de s'exhaler.

| | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|
| Longueur de la plaque...................... | 2 | 4 | " |
| Largeur .......................................... | 1 | 2 | " |
| Épaisseur ....................................... | " | 2 | 3 |

On prolonge cette plaque par une autre jusqu'au mur du derrière de la cheminée. On couvre aussi le devant de l'âtre par une plaque qui prolonge la taque d'ouvrage, et l'on remplit par d'autres plaques l'angle que forment les premières intérieurement.

Cette couverture est faite pour empêcher la maçonnerie de l'âtre de se dégrader, et pour servir de table au charbon et à la charge du creuset.

On fait le derrière du creuset plus bas que le contre-vent pour avoir plus de facilité à retirer la loupe du fond du creuset, quand elle s'y attache ; on met ensuite ce côté à la hanteur du dessus du contre-vent par nn rempart avec de la charbonaille.

On pratique devant le creuset un petit réservoir en plaques de fonte, pour recevoir le laitier que l'on fait écouler pendant l'opération : il a deux pieds de longueur, un pied de largeur et six pouces de profondeur.

La tuyère est plate en dessous et arrondie en dessus dans toute sa longueur ; son ouverture va en diminuant depuis la buse jusqu'à son orifice. La tuyère de fer.

Les bords de la plaque qui sert à faire la tuyère, se croisent en dessous, sans être soudés ; il suffit qu'ils soient bien réunis à l'orifice, qui est renforcé par une virole épaisse que l'on y soude.

On prolonge en arrière la base de la tuyère en y soudant au milieu une barre de fer d'environ quinze pouces de longueur, deux pouces de largeur et quatre lignes d'épaisseur. Cette queue sert, au moyen d'un support en bois sur lequel elle pose, à donner à la tuyère l'inclinaison qu'elle doit avoir.

Les tuyères des affineries de fer sont en cuivre, par la raison que les loupes s'attachent à celles de fer ; mais les aciéreurs préfèrent celles de fer, et remédient à cet inconvénient en couvrant le bout avec de la terre glaise. Ils craignent qu'il ne se détache de celles de cuivre des parties qui nuiroient à l'acier.

| | | | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|---|---|
| Dimensions de la tuyère. | Longueur de la base de la tuyère depuis l'orifice jusqu'à la naissance de la queue | | 1 | 5 | » |
| | Largeur | de la base intérieurement | » | 1 | » |
| | | de la bouche extérieurement | » | 2 | 6 |
| | | à trois pouces de la bouche | » | 3 | 6 |
| | | à quinze pouces d'*idem* | » | 11 | » |
| | Hauteur | à la bouche — intérieurement | » | » | 7 |
| | | à la bouche — extérieurement | » | 1 | 10 |
| | | à trois pouces de la bouche | » | 3 | 6 |
| | | à quinze pouces d'*idem* | » | 6 | » |
| | Epaisseur de la bouche | en dessous | » | » | 5 |
| | | autour du dessus | » | » | 10 |
| | | des bords de la grande ouverture | » | » | 3 |
| Emplacement de la tuyère. | Distance | du bord de la taque d'ouvrage au centre de la tuyère | 1 | 7 | » |
| | | du centre de la tuyère à la taque de rustine | » | 9 | » |
| | | du bas de la bouche au fond du creuset | » | 5 | » |
| | Saillie de la tuyère dans le creuset | | » | 2 | 9 |

La base intérieure de la tuyère est dirigée d'abord à quatre pouces au-dessus du fond du creuset [1], mesure prise contre la taque du contre-vent.

## *Les soufflets.*

Les aciéreurs préfèrent les soufflets de cuir à ceux de bois; ils prétendent être au moyen des premiers plus assurés de ménager le vent à volonté. Ceux de bois étant effectivement sujets à se fendre, il peut arriver que le vent se perde dans le moment où il en faut le plus,

1. En Styrie il y a des creusets où elles saillent jusqu'à cinq pouces, et où elles sont dirigées à huit pouces au-dessus du fond.

sans qu'on ait le temps d'y remédier; et comme il est un agent essentiel de l'opération, cet accident est capable de la faire manquer.

Ces soufflets ont huit pieds de longueur; leur buse est dirigée parallèlement à la planche de leur dessous.

| | | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|---|
| Longueur des buses | | 2 | 4 | " |
| Diamètre intérieur des buses. | au mufle | " | 3 | 6 |
| | à l'orifice | " | 1 | " |

En arrangeant les soufflets, on les incline vers le creuset sous l'angle d'environ seize degrés, et l'on fait toucher les buses aux côtés de la tuyère; leurs bouts doivent aboutir à trois pouces six lignes de sa bouche.

Il y a des aciéreurs qui ne placent pas le bout des deux buses à égale distance de la bouche; ils éloignent celle de devant à deux pouces trois lignes, et celle de derrière à trois pouces trois lignes.

Les soufflets sont posés par derrière sur un madrier épais soutenu par un chantier. Ils y sont arrêtés en dessous du madrier avec un coin de bois logé dans une maille de fer, attachée sous le soufflet, et qui passe au travers du madrier.

Le devant des soufflets est contenu par un arc-boutant appuyé par le haut à la voûte de la tuyère, et par le bas sur le milieu d'une barre de fer posée en travers sur le mufle des deux soufflets.

Le vent doit être dirigé vers le fond du creuset, à sept à huit pouces du pied du contre-vent et à peu près à la même distance de celui de la rustine. L'effet des deux buses ensemble doit balayer une place d'environ quatorze pouces de longueur et de cinq à six pouces de largeur; on peut s'en assurer en y jetant une couche légère de scories en poussière un peu humectées, et en laissant aller les soufflets.

Les forgeurs ne se servent pas de ce moyen : ils placent ordinairement denx ou trois petits charbons allumés à l'endroit de

la portée des buses, et si ces charbons et leurs bluettes circulent dans toute la capacité du creuset, ils trouvent que le vent est bien dirigé.

Quand, pendant l'opération, l'aciéreur juge à propos de changer la direction du vent dans le sens horizontal, il chasse un coin entre la tuyère et la buse qu'il veut déranger ; et s'il veut faire plonger ou relever le vent, il change la position du bloc qui soutient la queue de la tuyère.

## CHAPITRE III.

### *De la fonte propre à faire de l'acier.*

On peut faire de l'acier avec tous les fers; mais sa bonté dépend de la qualité du fer que l'on y emploie. On a déjà dit, en parlant des mines, qu'il y en avoit qui donnoient de meilleur acier que d'autres, ce qui a pu faire croire qu'il existoit des mines particulières d'acier.

La fonte destinée à faire de l'acier doit être plus blanche, c'est-à-dire, contenir plus de laitier que celle dont on veut faire du fer battu, et ce laitier doit avoir la qualité essentielle d'être difficile à fondre.

L'œil de l'ouvrier accoutumé à faire usage des différentes fontes, peut bien décider, à la couleur, celle qui convient à cette fabrication; mais ce n'est qu'après l'avoir employée qu'il est assuré de sa qualité : il peut même être trompé souvent par cet indice; car on a vu, à l'article de la connoissance du fer coulé, que la fraîcheur du moule influoit beaucoup sur la couleur et le grain de la fonte coulée en plaque, qui est la forme qu'on lui donne ordinairement quand on la destine à l'acier.

Le temps que la fonte, pour de l'acier, doit rester de plus au feu que celle pour le fer battu [1], exige qu'elle contienne plus de laitier que cette dernière, par la raison qu'elle en perd continuellement pendant l'opération, et que l'aciéreur ne peut pas, quelque soin qu'il apporte à ménager le feu, empêcher cet

1. Il faut cinq à six heures pour faire une loupe d'acier, au lieu que deux heures au plus suffisent pour une de fer. Il faut moins de temps pour ces opérations quand le creuset est échauffé.

écoulement. Il est donc nécessaire qu'il soit retardé par la nature même du laitier [1], lequel, s'il étoit très-fluide, s'écouleroit trop tôt, et l'adhérence des parties métalliques, si elle étoit précipitée, ne pourroit pas devenir assez complète. Une fonte dont le laitier est réfractaire, est donc plus propre à faire de l'acier que du fer, parce qu'il préserve plus long-temps les parties métalliques de la calcination, et qu'il donne lieu à un rapprochement plus lent et plus intime.

On pense, d'après cette conjecture, que la fonte qui contient une assez bonne quantité de laitier de nature réfractaire, est la meilleure pour faire de l'acier.

La fonte grise est sans doute trop tôt épuisée de laitier pour soutenir cette opération, puisque l'acier qu'elle produit tient toujours de la nature du fer, surtout quand on ne lui fait essuyer que le degré de feu que l'on donne à la fonte blanche. Les aciéreurs en traitant cette fonte n'ont que la ressource de la chauffer violemment pour suppléer au défaut de laitier, et ils ne parviennent à réunir les parties métalliques que par ce moyen; mais il en résulte un acier intraitable, la loupe se sépare toujours en morceaux sous les premiers coups de marteau, et l'on a toutes les peines possibles à la mettre en barres.

Ils peuvent bien suppléer au défaut de laitier, quant au bain qu'il doit former autour des parties métalliques, en jetant dans le creuset une plus grande quantité de scories et de pierres vitrifiables pour l'entretenir liquide : mais je me suis convaincu par beaucoup d'expériences, que le verre que produisent les scories, ainsi que le laitier des fourneaux, ne peuvent pas pénétrer dans le fer, même en fusion; on s'aperçoit seulement, quand il est refroidi, qu'il tapisse sa surface et ses cavités.

1. S'il est vrai qu'il soit nécessaire que le laitier de la fonte dont on fait le meilleur acier soit plus réfractaire que celui du fer, ne pourroit-on pas, dans la combinaison de la mine avec son fondant, étudier le mélange qui doit produire le laitier le plus réfractaire ?

Les parties métalliques ne sont sans doute jamais assez fluides pour se mêler avec ce verre, le laitier d'ailleurs surnage toujours le métal par sa légèreté.

Il en est autrement du mélange qui se fait entre les parties métalliques et les parties vitrifiables, lors de la fusion de la mine. La plus grande partie du laitier surnage bien le fer; mais comme le mélange des deux matières a été intime en découlant ensemble, il en reste toujours beaucoup parmi les parties métalliques.

En effet, les fontes que l'expérience a fait connoître propres à donner le meilleur acier, sont blanches et miroitées; telles sont celles de Styrie, de Carinthie, de Siegen, de Bendorf, etc. Il y en a qui ressemblent beaucoup au zinc, dans lesquelles on trouve des cavités miroitées comme la surface, et qui sont traversées en différens sens par des lames infiniment minces, brillantes des deux côtés, et qui ont jusqu'à sept à huit lignes de largeur.

La fonte de Chatenoy près de Belfort en Alsace, qui donne du bon acier, est aussi miroitée; mais les miroirs sont semés de veines poreuses qui paroissent grises : c'est une de ces fontes que l'on nomme *persillées.*

On a déjà dit que l'on couloit ordinairement la fonte destinée à de l'acier, en formes de plaques qui ont deux ou trois pieds de longueur, environ seize pouces de largeur, dix-huit lignes d'épaisseur aux bords, et un pouce au milieu. On préfère de la mettre en plaques afin de pouvoir la diviser plus aisément. C'est pour rendre ces plaques plus faciles à casser qu'on les laisse plus minces dans le milieu : on les réduit en morceaux de la largeur d'environ une main ouverte.

On remarque, ce que l'on a déjà observé ci-devant, que la demi-épaisseur inférieure de ces plaques est presque toujours plus brillante que la partie supérieure; ce qui justifie la raison qu'on en a donnée à l'article de la connoissance de la fonte.

Puisque l'acier ne diffère du fer que par sa densité, il faut, lors de l'affinage de la fonte, donner le temps aux parties métalliques

de se rapprocher, et les purifier du laitier qui met obstacle à leur réunion.

Il faut pour cela employer le feu animé du vent des soufflets, afin de bien pénétrer la fonte de chaleur et de la subdiviser. Il faut en même temps ne pas trop presser la fusion; sans cela les masses métalliques seroient trop grosses et ne seroient pas assez pénétrées partiellement, n'y ayant plus de moyens de les débarrasser, après la réunion totale, du laitier qu'elles auroient conservé de trop.

Ce laitier interposé entre les parties métalliques fait qu'elles se filent sous les coups de marteau sans pouvoir se toucher ; et quand ensuite ce laitier s'écoule au feu, il y reste des vides qui s'opposent au ressort de l'acier.

## CHAPITRE IV.

### *De la fusion.*

#### *Préparation du feu.*

On garnit le devant du creuset avec du frasil humecté, que l'on tasse avec la pelle, pour en former intérieurement un plan incliné. Ce frasil est soutenu vis-à-vis l'intervalle des montans par la plaque de fer qui en bouche la partie supérieure, et par les deux morceaux de fonte posés l'un sur l'autre dans le bas de l'ouverture. On renforce ce bouchage extérieurement avec deux ou trois pelletées de frasil pressées avec le pied ; on en couvre le fond du creuset de trois ou quatre pouces d'épaisseur. On donne de la cousistance au rempart de charbonaille au-dessus de la tympe en le chargeant avec un ou deux morceaux de la fonte qui doit faire partie de la charge.

La charge est composée d'environ 150 livres de fonte et 50 livres de menues ferrailles [1] : cette proportion change selon la qualité de la fonte. La ferraille est destinée à donner du nerf à l'acier ; la plus petite, comme les clous, etc., est la meilleure : les gros morceaux descendent trop vîte au travers des charbons; ils ne sout pas assez chauds en arrivant au foud du creuset, de sorte qu'au lieu d'étre répandus également dans l'acier, ils y forment des veines uerveuses. Charge du creuset.

Ou mêle moins de ferraille avec la fonte blanche qu'avec la

1. Il y a des endroits où l'on mêle peu de ferraille dans la fonte; à Siegen, par exemple, on est dans cet usage : cette fonte sans doute n'en exige pas, car cet acier est bon ; il est même préféré pour les lames de sabres et d'épées.

grise, par la raison sans doute que celle-ci, contenant moins de laitier, a besoin d'une plus forte dose de ferraille pour former la liaison des parties métalliques, et suppléer à la soudure dont le laitier tient lieu dans la fonte blanche.

Charbon.

Le charbon de sapin ou d'autre bois léger est le meilleur que l'on puisse employer pour la conversion de la fonte en acier : son feu est moins actif que celui de charbon de bois dur, et il favorise mieux la lenteur de la fusion.

Commencement de l'opération.

On jette d'abord une pelletée de charbonaille sur le plan incliné de la tympe, et une certaine quantité de charbons allumés dans le creuset. On couvre le charbon avec des scories métalliques. Ces scories, en se fondant, forment le commencement du bain nécessaire pour recevoir les gouttes qui découlent de la fonte et qui sans cela se refroidiroient tout de suite : il faut d'ailleurs qu'elles se trouvent, en découlant, enveloppées de laitier et garanties de l'action de la flamme, qui calcineroit leur surface et mettroit par là obstacle à leur réunion.

Ce bain sert aussi à envelopper les lopins de la première opération, que l'on étire en commençant la seconde ; il est destiné à les préserver de même de la calcination. On a soin de l'augmenter par de nouvelles scories, à proportion que la masse du métal grossit dans le fond du creuset. Le laitier qui se sépare des parties métalliques à mesure qu'elles se fondent, augmente le bain commencé par les scories; et comme elles perdent de leur fluidité au feu, on a soin d'en laisser écouler de temps en temps en perçant le bouchage de la tympe. On l'évacue aussi lorsqu'il y en a trop et que sa surface approche de la hauteur de la tuyère; sans cela il surverseroit dedans et la boucheroit en se figeant.

On achève de remplir le creuset avec de gros charbons, et on laisse aller les soufflets. Leur mouvement doit être lent dans le commencement, et augmenter progressivement à mesure que le creuset s'échauffe. Ils doivent souffler trente-huit à quarante fois par minute quand ils sont en plein mouvement.

On profite du temps que la charge met à se fondre pour étirer en barres les quartiers du gâteau de la loupe précédente, s'il y a déjà eu une première opération ; c'est par l'étirage de ces lopins, ainsi qu'on vient de le dire, que la nouvelle commence ; mais on n'en parlera qu'après avoir donné le détail de la conversion de la fonte en acier, à la suite de laquelle il se trouve plus naturellement placé.

On commence par exposer à la chaleur la sixième partie des morceaux de fonte destinés à la charge ; on les met successivement sur le bord de la plaque de contre-vent, c'est là où ils prennent un commencement de chaleur; on les fait aussi rougir à un feu particulier.[1]

On laisse d'abord échauffer le creuset environ un bon quart d'heure ; l'aciéreur connoît qu'il est prêt à recevoir la fonte, lorsqu'en y plongeant le ringard il le retire chargé d'un laitier rouge bien clair : il a soin pendant ce commencement de feu d'y jeter de temps en temps des scories métalliques, même en gros morceaux.

Le bain étant bien chaud, on pousse les morceaux de la première charge dans le creuset, devant la plaque de contre-vent ; peu à peu ils y descendent au travers des charbons. Ils seroient sans doute plus tôt fondus si on les plaçoit sur les charbons à l'endroit du foyer ; mais comme les lopins tiennent la plus grande largeur du creuset du côté de la tuyère, la fonte s'y attacheroit en se fondant. On a soin de jeter une pelletée de scories dans le feu, toutes les fois qu'on y met une charge. Les scories se fondent en traversant le feu ; elles forment un enduit autour des morceaux de fonte, qui empêche leur calcination, et elles vont augmenter le bain de laitier. 1.re charge.

L'aciéreur est continuellement occupé à travailler dans le creu-

1. On en fait aussi des trousses de trois ou quatre morceaux soutenus au contre-vent par une tenaille, sur le bout de laquelle on met un contre-poids. De cette façon on est assuré que la fonte arrive par gouttes dans le fond du creuset.

set avec son ringard : il le plonge d'abord auprès de la tuyère pour détacher le fer et les scories qui s'attachent à la wärmetaque; cela se fait en pesant sur la poignée du ringard et en prenant la taque d'ouvrage pour point d'appui. Il le plonge ensuite vers le milieu du creuset, tant pour soulever les charbons et donner de l'air au feu, que pour remonter la matière au foyer et la rendre plus liquide. Il le plonge enfin près du contre-vent, au pied duquel la fonte découle, pour la ramener au foyer et empêcher qu'elle ne s'attache à cette taque. Il recommence peu de temps après la même manœuvre.

Chaque fois que l'aciéreur sort son ringard du feu, il est enduit de laitier; il le trempe tout de suite dans une auge remplie d'eau courante, et lui donne un coup de marteau pour en détacher cet enduit, dont la couleur fait juger de l'état du creuset : si le rouge est foncé, c'est une preuve que la matière n'est pas assez chaude ; en ce cas il accélère les coups de soufflet.

Si le laitier est tenace et grumeleux, et qu'il se détache avec peine du ringard, l'aciéreur juge que le bain s'épaissit; pour-lors il jette des scories fondantes dans le creuset; et si elles ne suffisent pas pour le clarifier, il y ajoute de petits cailloux blancs, de la pierre à fusil, ou du sable vitrifiable bien sec. Il prend ordinairement les débris de la pierre de grès dont on garnit le fond du creuset, et qu'on retire lorsqu'elle est calcinée. Toute espèce de pierres vitrifiables est bonne pour cet usage, mais on doit préférer celle qui est la plus pure. Si enfin le laitier est d'un rouge blanc, s'il est bien fluide et qu'il découle du ringard, c'est une preuve que le creuset est dans le meilleur état possible. On connoît à la hauteur de l'enduit que le laitier forme sur le ringard, si le bain monte trop haut; on peut aussi le voir par la tuyère. Si l'aciéreur négligeoit de sonder le creuset, il en seroit averti par une espèce de sifflement que le vent fait en soulevant la surface du bain et en la faisant bouillonner : c'est dans ce cas que les ouvriers disent que la tuyère barbouille. Il faut alors

percer le bouchage de la tympe et faire écouler le laitier; il arrive ordinairement que cela se fait quatre à cinq fois par opération. 1

On remarque, en travaillant les différentes fontes, que l'on est obligé de procurer plus souvent de l'écoulement au laitier en traitant de la fonte blanche qu'en travaillant la grise : ce qui confirme encore que la fonte blanche ne doit cette couleur qu'au laitier qu'elle contient de plus que la grise.

On a soin, après avoir poussé la première charge dans le creuset, d'approcher la seconde du bord de la plaque de contre-vent, afin qu'elle s'y échauffe pendant que la première se fond : l'aciéreur est averti de la pousser dans le creuset lorsqu'il n'y sent plus rien de solide. 2.e charge.

On remplace le charbon à mesure qu'il se consume, et on jette à chaque fois, sur le devant et le dessus du creuset, une pelletée de petits charbons mouillés, pour concentrer le feu.

La seconde charge se met environ une heure et demie et quelquefois deux heures après la première, selon que le feu va bien et que le creuset est échauffé : il faut moins de temps à la suite d'une opération précédente.

La troisième charge se fait environ une heure vingt minutes après la seconde. 3.e charge.

La quatrième, une heure après la troisième. 4.e charge.

La cinquième cinquante minutes après la quatrième, et la sixième quarante-cinq minutes après la cinquième. C'est avec la pointe de son ringard que l'aciéreur juge du moment où les charges doivent se faire. 5.e et 6.e charges.

On laisse ordinairement écouler le laitier, pour la première fois, vingt-cinq à trente minutes après avoir mis la troisième charge; on met autant de temps à le faire écouler après les 4.e, 5.e et 6.e,

1. Il y a des ouvriers qui, en faisant écouler le laitier, laissent aussi couler quelques parties de métal : ils cassent ensuite les petites plaques qu'il forme : le grain de ces plaques leur fait connoître, à ce qu'ils prétendent, si le vent est mal dirigé, ou si l'opération se fait bien.

et l'on en vide totalement le creuset environ dix minutes avant d'arrêter les soufflets.

On doit remarquer que les dernières charges sont moins de temps à se fondre que les premières, par la raison qu'à mesure que le creuset s'échauffe la fusion se fait plus aisément.

La ferraille. 30 liv. pour 100 livres de fonte.

La première pelletée de ferraille ne se met guères que quelque temps après la troisième charge ; on continue ensuite à en jeter quelques minutes après chacune des autres charges. On entremêle ainsi la fonte et la ferraille, afin que celle-ci soit répandue également dans la loupe. Il faut lui faire prendre le même chemin que la fonte suit en descendant au fond du creuset, tant afin qu'elle se mêle mieux avec elle, que pour qu'elle ne s'attache pas à la surface des lopins, où elle formeroit une couche nerveuse : d'ailleurs elle ne parviendroit pas jusqu'à la fonte, et l'objet pour lequel elle est destinée ne seroit pas rempli.

La fonte, après avoir été liquide, doit prendre *consistance* dans le fond du creuset [1] et se rassembler peu à peu en une masse dont l'épaisseur ne doit pas surmonter le dessous de la tuyère, pour ne pas la boucher. Il faut aussi qu'elle ne touche pas à ses parois, afin qu'elle ne s'y attache pas.

Il arrive quelquefois que la matière reste liquide dans le creuset, sans prendre consistance ; dans ce cas on y jette des scories métalliques en proportion de la difficulté qu'elle a de se consolider. Les scories y contribuent tant par leur fraîcheur que par les parties métalliques nerveuses qu'elles ajoutent à la matière fondue.

L'étirage des lopins finissant environ une heure avant la fin de l'opération, l'aciéreur a pour-lors la liberté de travailler sa loupe sans ménagement ; il en profite pour la rassembler, la pétrir et présenter à la bouche de la tuyère les parties qui sont encore fluides, pour les rafraîchir. Il est aussi continuellement

1. En langage d'ouvrier, *prendre nature*.

occupé à la détacher des taques de tuyère et decontre-vent, afin de pouvoir ensuite la retirer sans trop d'obstacles. Il n'en trouve jamais du côté de la tympe, parce que la place que le bouchage occupe fait qu'elle se forme à sept à huit pouces des montans.

Quand enfin la loupe est formée, on fait écouler le reste du laitier; on arrête le vent, et on la découvre en poussant les charbons vers le derrière de la cheminée; on la laisse ensuite se raffermir cinq à six minutes : pendant ce temps l'aciéreur s'occupe à retirer du feu les masses des scories métalliques qui se sont formées autour et au-dessus de la loupe.

Avant de sortir la loupe du creuset, on la détache de la pierre du fond par le moyen d'une grosse pince de fer tranchante par un bout, que l'on introduit entre les deux montans de la tympe; l'aciéreur la chasse à coups de marteau entre la loupe et le fond, monte sur l'autre bout, et achève, en pesant dessus, de détacher la loupe, qu'il retourne de suite sur le côté.

Il la saisit dans cette situation avec des tenailles à crochets, et la retire sur la taque d'ouvrage, où il la laisse encore refroidir pendant quelques minutes; il la porte ensuite sur l'enclume par le moyen d'une potence tournante, placée ordinairement à côté des feux d'affinerie.

On place la loupe sur l'enclume dans le sens qu'elle a été formée, et sans la retourner; on l'aplatit pour la réduire en une espèce de gâteau, que l'on divise avec le couperet, à l'aide du marteau, en quatre ou cinq quartiers, dont les tranches aboutissent à son milieu : on n'achève pas de les détacher. On laisse une épaisseur d'acier dans le fond des rainures que forme le couperet, et ce n'est qu'après que le gâteau est refroidi qu'on les sépare à coups de marteau. [1]

1. Un aciéreur peut faire deux loupes dans l'espace de douze heures.

*Résultat des épreuves faites sur douze opérations.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Charge du creuset.......... | en fonte.. 130.℔ | | 190.℔ |
| | en ferraille 60 | | |
| Poids de l'acier brut qui en résulte.............. | | | 123 |
| Déchet, ci.................................... | | | 67 |
| Charbon de sapin...... un cuveau et un sixième. | | | |
| | | Pieds. | Pouces. |
| Dimensions du cuveau de charbon.... | diamètre.. | 3 | 3 |
| | hauteur... | 2 | 4 |
| Poids d'un cuveau de charbon de sapin........... | | | 264.℔ |

*Étirage des quartiers de la loupe.*

On met un des quartiers de la loupe dans le milieu du feu, en commençant la seconde opération, et on le place à l'endroit où la flamme s'élève avec le plus d'ardeur, c'est-à-dire, au foyer; on expose en même temps les autres au contre-vent, afin qu'ils s'y échauffent. Le premier lopin descend au travers des charbons dans le bain de laitier. L'aciéreur a soin de le relever de temps en temps pour le présenter au foyer, à quatre pouces au-dessus de la tuyère, et à six pouces de son orifice; le lopin, en retombant dans le bain, prend un enduit de laitier qui préserve sa surface de la calcination, surtout quand il commence à être bien chaud.

On n'attend pas qu'il soit rouge à souder pour le porter sous le marteau; il suffit, la première fois, de rapprocher les parties qui sont séparées par des gerçures, et de les disposer à se souder aux chaudes suivantes : si on le chauffoit davantage, il se briseroit sous les premiers coups. Il faut environ trois quarts d'heure pour lui donner ce premier degré de chaleur, et on le laisse un peu refroidir.

On le saisit par le côté qui faisoit partie de la circonférence du gâteau, pour présenter d'abord au marteau [1] l'angle du centre, parce qu'il est moins gercé que la partie extérieure, et par conséquent moins sujet à se séparer.

On a soin dans ce commencement de ne laisser aller le marteau que très-lentement, surtout en étirant la partie extérieure du lopin, afin de le ménager et de ne pas le faire éclater.

On distingue sous le marteau le bon acier d'avec le mauvais; les lopins qui contiennent encore du fer sont mous et se forgent plus aisément que les autres. On marque les barres de celui qui est de mauvaise qualité, en leur donnant une figure particulière. Il y a des endroits où on les étire en festons; dans d'autres on leur donne de plus fortes dimensions.

On remet le lopin au feu pendant environ un quart d'heure; on le reporte ensuite au marteau, et l'on en étire un tiers en barreaux de dix-huit lignes de largeur et quinze lignes d'épaisseur.

On saisit le bout étiré avec les tenailles, et on met l'autre au feu pendant huit à dix minutes: on le retire alors un moment; on le refoule sur une plaque de fonte pour rapprocher les parties désunies et les disposer à se souder; on le replonge ensuite dans le creuset, et après qu'il y est resté sept à huit minutes, on le reporte au marteau.

Ce bout est plus difficile à souder que l'autre, parce qu'il y a plus de désunion; on est presque toujours obligé de le chauffer à plusieurs reprises avant qu'il le soit. Si l'aciéreur y trouve trop de difficulté, il retire le lopin du feu à deux ou trois reprises, et le trempe un moment dans l'eau pour refroidir sa surface et donner le temps à l'intérieur de se bien chauffer sans que le dehors se calcine. Il ne le laisse devenir que rouge-blanc les

1. Les marteaux des aciéries pèsent environ trois ou quatre cents livres; mais il y en a dans le comté de Nassau-Siegen qui pèsent jusqu'à mille à douze cents livres.

trois premières fois; la quatrième chaude est plus longue et plus suante que les autres, parce que c'est après celle-là que se fait la soudure. On prépare la réunion du bout en refoulant le lopin sur la plaque au sortir du feu, et en le battant avec un marteau à main : ce n'est qu'à la chaude suivante que l'on finit de l'étirer. On jette le barreau que le lopin a produit dans de l'eau courante, à l'instant qu'il vient d'être formé.

Cette trempe ne fait rien à la bonté de l'acier, par la raison que la dureté qu'il y prend est ensuite détruite par le feu du raffinage ; mais elle le rend cassant, et donne par là le moyen de juger de sa qualité. Celui qui est bon se sépare au moindre choc, au lieu que l'on a beaucoup [illegible] peine à le casser s'il a conservé trop de parties nerveuses.

On traite ainsi successivement les autres quartiers du gâteau ; mais il faut moins de temps pour les étirer, le creuset étant alors plus chaud. [1]

L'acier gagne beaucoup à cet étirage, les parties métalliques s'y dégagent de leur laitier surabondant, et le marteau les rapproche toujours davantage.

---

1. Il faut environ deux heures pour étirer les quartiers de la loupe.

# CHAPITRE V.

## *Fabrication de l'acier en Carinthie.*

En Carinthie on traite la fonte différemment pour en faire de l'acier, quoique les creusets aient à peu près les mêmes dimensions que ceux de Styrie. [1]

Le devant est fermé, de même que celui des affineries de fer, avec une plaque de fonte percée de plusieurs trous à différentes hauteurs, qui servent à l'écoulement du laitier ; et le fond est garni, comme en Styrie, avec une pierre de grès.

La bouche de la tuyère y est plus grande; elle a intérieurement dix-huit lignes de base, et quatorze lignes de hauteur. L'usage ordinaire est de la diriger à l'angle que forme le contrevent avec le fond. L'aciéreur détermine ce talus avec un petit niveau de six pouces de rayon, dont la base est prolongée, d'un côté, de trois ou quatre pouces; il loge ce bout dans la tuyère pour lui donner l'inclinaison qu'elle doit avoir, en la faisant élever par derrière jusqu'à ce que le fil de l'aplomb tombe à un point déterminé dans la ligne tracée sur la base du niveau : il change ensuite cette inclinaison suivant les circonstances. Il vérifie la direction des soufflets en regardant par leur soupape, qui doit être assez large pour que la tête d'un homme y passe. Il fait en même temps éclairer le fond du creuset avec quelques charbons allumés ou avec une chandelle.

La distance des buses à la bouche de la tuyère est de cinq pouces dans certains endroits, et de quatre pouces six lignes dans d'autres.

1. On les trouve dans les Voyages métallurgiques de Jars.

On coule la fonte en plaques de six pieds de longueur, un pied de largeur et trois à quatre pouces d'épaisseur. Il y a des aciéreurs qui ne les cassent pas pour les fondre, et d'autres qui les mettent en morceaux, comme en Styrie.

On soutient celles qui sont entières par le moyen d'un contre-poids dans la direction du vent et immédiatement au-dessus; on en place le bout dans le milieu de l'entonnoir, d'où la flamme s'élève avec le plus de forcé : cet endroit se distingue parfaitement quand on laisse tomber le feu.

On a soin de soutenir la fonte au-dessus de la tuyère pendant toute l'opération, pour que le vent ne soit pas géné et qu'il puisse bien circuler dans le creuset.

L'aciéreur a soin de sonder le feu de temps en temps avec une baguette de fer, pour vérifier si rien ne le géne.

On fait en Carinthie une opération de plus qu'en Styrie pour réduire la fonte en acier. On laisse d'abord former la loupe à l'ordinaire, avec la différence qu'on ne la travaille pas autant; on arréte ensuite les soufflets, on la découvre, et on la laisse refroidir jusqu'à ce qu'elle ait pris la consistance de pâte; on jette alors de l'eau dessus pour en consolider la surface.

L'aciéreur à l'aide de son garçon enlève cette croûte; ils la soulèvent avec deux ringards, et la jettent à côté de la cheminée. On donne le nom de gâteau à cette espèce de platine qui ressemble à une rosette de cuivre brut.

La première et quelquefois la seconde croûtes sont composées de scories; il n'y a guères que la troisiéme qui soit ordinairement métallique.

Après avoir enlevé la première couche, on fixe de nouveau le dessus de la loupe en le mouillant. On retire encore cette seconde croûte, et l'on continue ainsi jusqu'à ce qu'il ne reste plus de métal dans le creuset. On donne à ces gâteaux le nom de *fonte seconde*. L'acier est d'autant meilleur que la loupe a été plus subdivisée en gâteaux. L'objet de l'opération étant en général

de bien dépouiller le fer de son laitier, cette évacuation doit être plus complète quand il est développé sur une plus grande surface : aussi fait-on consister l'art de l'aciéreur à enlever ces gâteaux les plus minces qu'il est possible.[1]

C'est pendant cette fusion qu'on forge les lopins de l'opération précédente.

Ces gâteaux sont ensuite fondus une seconde fois dans le même feu garni comme la première fois. On y place trois gâteaux pesant ensemble environ cent cinquante livres. On choisit le plus épais et on le pose à plat sur le bord de la tuyère et à deux pouces du mur, les deux autres sont mis sur le premier. On les couvre de scories métalliques et de quelques livres de ferraille. Il y a des aciéreurs qui, après avoir rempli le creuset de gros charbons, font un lit de frasil dessus, et y posent le premier gâteau ; ils n'avancent le second que quand le premier est fondu, et ils ne jettent la ferraille que par intervalles.

On ne traite pas la fonte seconde selon la méthode usitée en Styrie pour la fonte première : il semble que là on cherche à compenser cette seconde fusion en agitant beaucoup la matière dans le creuset, au lieu qu'en Carinthie on ne touche pas au feu pendant la fusion de ces gâteaux ; on se contente de les avancer à mesure qu'ils se fondent, pour les tenir toujours appuyés sur la tuyère. Il y a cependant des cas où l'on est obligé de travailler la matière ; c'est quand, au lieu de tomber par gouttes, il se détache des parties de gâteaux avant d'être fon-

---

1. Si c'est pour étendre la surface du fer, pour qu'il se purifie mieux de son laitier, que l'on traite ainsi la fonte, on ne sauroit y employer plus de moyens qu'on ne le fait dans ces forges ; car on y traite la fonte première de la même façon que celle-ci. On coule toutes les quatre heures environ cinq à six quintaux de fonte dans un bassin rond qui a peu de profondeur : le laitier (que l'on ne fait pas couler du fourneau) se ramasse à la surface de la fonte dans le moule ; on jette de l'eau dessus pour l'en détacher, et on détache ainsi successivement la fonte par couches. Plus les couches sont minces, plus on estime la fonte.

Toutes les fontes de Carinthie sont blanches.

dues : il est nécessaire alors de les soulever et de les présenter au vent pour achever de les mettre en fusion et de les bien subdiviser.

L'aciéreur, pendant cette seconde opération, est continuellement occupé à sonder le creuset par la tuyère et à la débarbouiller avec sa baguette de fer. Il juge de l'état du creuset de même qu'en Styrie, c'est-à-dire, par la nature du laitier qui s'attache au ringard.

La fusion de ces gâteaux forme une loupe que l'on traite comme celles de fer. On ne divise pas la loupe en quartiers pour les étirer l'un après l'autre, parce que la première fusion a déjà beaucoup purgé la fonte de son laitier surabondant; on la réduit tout de suite en barreaux de dix-huit lignes d'équarrissage, que l'on jette comme les autres dans l'eau courante au sortir du marteau.

L'acier de ces barreaux est brut; ils contiennent encore des parties qui ne sont pas converties en acier, surtout à leur surface : on les distingue de celles d'acier, en ce qu'elles sont nerveuses ou brillantes. Les barreaux les mieux convertis, sont ceux qui se séparent avec le moins de déchirement. Le triage s'en fait après qu'ils sont formés : on les casse en morceaux de huit à douze pouces de longueur, et l'on sépare ceux qui sont de bon acier d'avec ceux qui contiennent encore du fer. Les bouts des barreaux formés par la partie extérieure des lopins, qui est toujours *bourreuse*, sont de cette seconde qualité. [1]

---

1. On nomme, à Siegen, le premier *fein Stahl*, et l'autre *Mittelkier*.

En Styrie on nomme Molck l'acier qui est est encore plus ferrugineux que le Mittelkier.

# CHAPITRE VI.

## *Acier de Rives en Dauphiné.*

On a en Dauphiné une façon particulière de traiter la fonte pour la convertir en acier.

Dimensions du creuset.

| | | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|
| Profondeur depuis la tuyère | | 24 | » |
| Largeur ou distance de la tuyère au contre-vent | en haut. | 30 | » |
| | au fond. | 20 | » |
| Longueur de la tuyère | | 24 | » |
| Largeur d'*idem* à la grande ouverture | | 16 | » |
| Diamètre d'*idem* à la bouche | | 1 | 4 |
| Distance des buses à la bouche de la tuyère | | 2 | » |
| Saillie de la tuyère dans le creuset | | 12 | » |

Elle est inclinée de deux pouces du derrière à la bouche.

On remplit le creuset de frasil jusqu'à la hauteur de la tuyère. On refoule ce frasil par couches avec une dame de fer dont le dessous est terminé en pointe. On achève ensuite de remplir le creuset avec du frasil humecté jusqu'à sept à huit pouces au-dessous de la tuyère.

On creuse dans le milieu de cette espèce de *brasque* [1] un vide de dix-huit pouces de diamètre à la surface, et de six pouces dans le fond, de façon qu'il reste une épaisseur de frasil d'environ dix-huit pouces au-dessous de ce vide : le bout de la tuyère ne doit y entrer que de deux pouces.

On allume le feu et l'on y jette d'abord une assez grande quantité de scories métalliques pour former le bain de laitier, comme dans les autres fabrications. On entretient de même sa

1. La brasque est composée de charbon pilé et d'argile.

fluidité en y jetant de temps en temps des cailloux blancs ou de la pierre à fusil.

Quand il y a trop de laitier dans le creuset, on le retire avec une grande cuiller de fer enduite de terre argileuse; il ne doit jamais y en rester plus de six pouces de haut : on verse le laitier sur une couche de terre grasse humectée, où il se forme en plaques minces; ces plaques servent ensuite à entretenir le bain aux opérations suivantes.

On commence par chauffer les *massaux* ou lopins provenant des loupes précédentes; on en met deux ou trois dans le creuset, et on les étire successivement. On a soin de les tremper de temps en temps dans le bain de laitier pour garantir leur surface de la calcination.

Il arrive souvent que les massaux se divisent en éclats sous le marteau après la première chaude; pour-lors on les remet au feu pour les mieux ramollir. On les sort du feu de temps en temps pour les tremper dans l'eau, et ils ne deviennent quelquefois bien malléables qu'après la troisième ou quatrième chaude.

On refroidit dans l'eau, au sortir du feu, le premier bout forgé; il sert ensuite de manche à l'autre, que l'on étire comme le premier.

Après environ quatre heures de travail on retire du fond du creuset une loupe de fer qui pèse ordinairement un sixième de l'acier qu'on a étiré pendant ce temps-là.

L'étirage des lopins dure environ douze heures : on garnit alors le tour du creuset, qui s'est agrandi pendant cette première opération, avec du charbon humecté. On place sur ce charbon huit morceaux de fonte les uns sur les autres, pesant chacun environ soixante-douze livres. Il y en a un au premier rang, saisi par une tenaille qui forme la base de l'édifice; deux au second, soutenus par des ringards et espacés entre eux de la moitié de leur largeur; trois au troisième, qui se touchent, et deux au quatrième, recouvrant les joints de ces derniers.

Il est essentiel, pour que l'opération réussisse, qu'ils ne tombent pas au fond du creuset avant d'être fondus : si cela arrivoit, on ne parviendroit jamais à lès bien fondre.

Il faut cinq heures pour cette dernière opération. On remet alors au feu les barres que l'on avoit commencé à étirer avant la fusion de la fonte, on les réduit en petits carreaux et on les jette dans l'eau.

Pour donner de la consistance à la matière, on puise environ quatre livres de métal avec une cuiller; on le laisse figer sur une plaque de fer : pendant ce temps-là on le pétrit et on en forme un pain, que l'on place d'abord dans le fond au-dessus du vent; on y jette en même temps des scories vitrifiables en gravier : on couvre ce pain de charbons, et après l'avoir soutenu un quart d'heure, on le laisse tomber. On forme ainsi successivement trois pains dans l'espace de deux heures : la consistance que ces pains prennent hors du creuset en donne au fer en fusion, qui les grossit en s'attachant à leur surface.

On retire ces petites loupes, nommées *massaux* dans le pays, l'une après l'autre; on les affermit avec un marteau à bras hors du creuset, et on les porte ensuite sous un gros marteau qui pèse environ trois cents livres.

On forme ainsi successivement, dans l'espace de six heures, vingt massaux, parmi lesquels il y en a plusieurs qui ne sont que de fer; ce qui fait voir que cette fabrication n'est pas aussi bonne que celle de Styrie et de Carinthie, où l'on obtient toujours de l'acier.

Cette opération dure trente-six heures, en comptant depuis le moment de la préparation du creuset jusqu'après l'étirage des massaux; elle produit ordinairement six cent trente livres d'acier et cent livres de fer.

Ce procédé, qui est particulier aux forges du Dauphiné et à celles de Savoie, ne donne que de l'acier très-médiocre, et qui n'est bon que pour des outils à terre. On l'emploie cependant à

la manufacture d'armes à feu de S. Étienne; mais on prend auparavant la précaution de le raffiner, ainsi que cela se pratique pour tous les aciers d'Allemagne. Malgré cela il s'en faut de beaucoup qu'il en acquière la perfection.

Il est vraisemblable que cet acier ne peut pas se perfectionner aussi bien par cette méthode que par les autres, par la raison que le laitier ne peut pas s'écouler complétement des creusets où on le fait. C'est sans doute faute d'oser entreprendre de former les ouvriers à une nouvelle fabrication, que les propriétaires de ces usines n'essaient pas de traiter leur fonte à la façon de Styrie; d'autant plus qu'il y a en Dauphiné, surtout à Visille, des mines parfaitement ressemblantes à celle de Siegen, qui produit du très-bon acier, principalement pour les lames.

Ceux qui travaillent à la façon de Styrie en préfèrent la méthode, par la raison qu'elle est moins coûteuse, et que l'on y fait d'aussi bon acier qu'en Carinthie.

# CHAPITRE VII.

## *Acier de Siegen, pays de Nassau.*

COMME l'acier de Siegen est celui qui est reconnu le meilleur de ceux qui nous viennent d'Allemagne pour la fabrication des lames, nous entrerons dans quelques détails au sujet de cet établissement.

On compte dans les environs de Siegen dix-huit espèces de mines en roche très-abondantes; les unes sont brunes ou d'un rouge foncé, et les autres d'un blanc jaunâtre : c'est cette dernière espèce qui donne le bon acier. Il y a seize fourneaux et trente-un gros marteaux; mais il n'est permis d'y fondre qu'en automne, pendant treize à quatorze semaines, pour ne pas déranger les travaux de la campagne.

Ces fourneaux ont vingt pieds du Rhin de hauteur et autant d'équarrissage extérieur à leur base. L'ouverture du gueulard a trois pieds de longueur sur deux pieds six pouces de largeur; le centre de la cheminée en a douze pieds sur huit : de là les côtés se rapprochent du creuset et ont la forme ordinaire.

On y fait usage de soufflets de cuir, par la raison que ceux de bois, outre l'inconvénient qu'ils ont de se fendre, dépérissent davantage que ceux de cuir pendant que les fourneaux ne travaillent pas, et sont d'un entretien plus difficile.

On échauffe les fourneaux durant sept jours avant de commencer à fondre, et pendant ce temps-là on grille la mine.

Après qu'elle a été cassée en morceaux et qu'on en a séparé

les pierres hétérogènes, on en forme par couches des pyramides quarrées de six pieds de base : le premier lit de mine est placé sur des branchages secs et recouverts d'une légère couche de charbons; on en met une seconde couche sur ce premier lit, et ainsi de suite alternativement jusqu'à ce que la pyramide soit formée. On couvre le tout avec la terre que l'on retire de la minière, et on entretient le feu pendant trois ou quatre jours.

On emploie, comme ailleurs, pour la fusion de la mine, du charbon de chêne mêlé avec celui de hêtre.

Les charges ordinaires sont de quatre cents livres de charbon et de cinq cents livres de mine : on ne fait point usage de castine; la mine porte son fondant, étant en partie de nature calcaire. Il se fond dans l'espace d'une heure cinq cents livres de mine, qui donnent à peu près deux cent cinquante livres de fonte, et le creuset se remplit toutes les six heures, de sorte qu'on coule quatre fois par vingt-quatre heures. On charge toutes les heures, et cela se fait différemment que dans la plupart des autres forges, où l'on jette tout uniment la mine avec les baches dont on se sert pour la mesurer.

Il y a une plaque de fonte dressée en plan incliné sur un des côtés du gueulard ; c'est contre cette plaque qu'on jette la mine par pelletées du poids de cinq à six livres. Elle tombe dans le creuset, et ses petits morceaux y forment un talus, près du côté où est la plaque; les gros roulent dans le milieu du fourneau, et ils y sont ensuite recouverts par les petits, que l'on étend avec une perche.

On a imaginé cet usage pour que les gros morceaux se trouvent au bas de la charge, où ils reçoivent un plus grand degré de chaleur par leur contact immédiat avec le charbon.

La fonte de la mine blanche se coule en plaques, parce qu'elle est destinée pour de l'acier; et celle de la mine brune, dont on fait du fer, est formée en demi-gueuses réunies par un collet.

On remarque que la mine blanche produit une fonte plus brillante que la mine brune ; que son laitier est plus fluide et devient plus fragile quand il est refroidi ; que la fonte de la mine blanche est plus de temps à se rouiller, et qu'elle rend un son plus clair sous le marteau : tout cela sans doute parce qu'elle contient plus de laitier que l'autre.

On traite cette fonte à la façon de Styrie, mais on n'y mêle pas de ferraille.

# CHAPITRE VIII.

## *Raffinage de l'acier.*

L'ACIER brut n'est propre, comme on l'a déjà dit, à aucun usage; il reste à le raffiner pour le perfectionner, c'est-à-dire, pour le purger de son laitier surabondant et rapprocher ses fibres. Le moyen que l'on emploie pour cela est d'étendre la surface de la barre, afin que le feu puisse la pénétrer par plus de points, et que le laitier surabondant ait moins de chemin à faire pour arriver à sa superficie.

Le feu où se fait cette opération est le méme que celui des maréchaux; mais le foyer de la forge est disposé différemment. On forme un encaissement vis-à-vis de la tuyère; les entours de cet encaissement, qui peuvent être dégradés par les outils dont on se sert pour travailler dans le foyer, sont garnis de
Planche XIV. plaques de fonte *D, F, G:* la plaque de devant *D* doit avoir deux pouces six lignes à trois pouces d'épaisseur; il suffit que les autres aient dix-huit lignes.

L'emplacement de la tuyère et les dimensions de sa bouche contribuent essentiellement à une bonne chauffe : un raffineur qui dispose et ménage bien son feu, a beaucoup moins de déchet qu'un autre.

On pratique un petit conduit *H* pour l'écoulement du laitier; il est en talus depuis l'intérieur du foyer.

Planche XIV. *Principales dimensions du feu d'une raffinerie.*

| | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|
| Largeur de la plaque *D* de devant............ | » | 11 | 6 |
| Distance de la face de tuyère au contre-vent.... | » | 11 | » |

| | Pieds. | Pouces. | Lignes. |
|---|---|---|---|
| Hauteur du contre-vent depuis le niveau de la même plaque [1] | » | 6 | » |
| Distance de cette plaque au bord de l'ouverture de la tuyère | » | 9 | 6 |
| Distance du dessus d'*idem* au niveau du bas de l'ouverture de la tuyère [2] | » | 3 | 4 |
| Saillie de la tuyère dans le creuset | » | 1 | » |
| Dimensions de la bouche de la tuyère. — largeur de la base | » | 1 | » |
| Dimensions de la bouche de la tuyère. — hauteur, le dessus arrondi | » | » | 8 |
| La base intérieure de la tuyère est dirigée à quatre pouces six lignes au-dessous du niveau de la plaque *E* du contre-vent, et à six pouces six lignes, si l'on donne huit pouces à la hauteur du contre-vent. | | | |
| Longueur des soufflets | 6 | 6 | » |
| Largeur d'*idem* — derrière | 2 | 6 | » |
| Largeur d'*idem* — à la tête | » | 4 | 6 |
| Diamètre de la roue à eau qui fait aller les soufflets. | 8 | » | » |
| Nombre d'augets de la roue ............ 16. | | | |
| Diamètre de son arbre | 1 | 6 | » |
| Diamètre de l'arbre pour le martinet | 3 | » | » |
| Diamètre extérieur du cercle de fer coulé, garni de treize dents faisant aller le martinet | 4 | » | » |
| Longueur du manche du martinet, mesure prise du centre des tourillons de la *hülse*. — jusqu'à la tête du marteau | 5 | » | » |
| Longueur du manche du martinet, mesure prise du centre des tourillons de la *hülse*. — jusqu'au milieu de la sabotte | 2 | 10 | » |
| Hauteur du niveau des tourillons de la hülse au-dessus de l'enclume | 2 | » | » |
| Poids du martinet ........... 100 à 120 livres. | | | |

Voyez la construction de l'affinerie de fer.

1. Il y a des raffineurs qui en donnent huit.

2. Pour-lors cette dimension est de cinq pouces quatre lignes.

NB. Le martinet doit, quand on soude, battre environ deux cents coups par minute.

Raffinage de l'acier.

On se sert ordinairement de charbon de pierre pour raffiner l'acier, et l'on ne peut y employer que celui qui se soutient en voûte étant embrasé; parce qu'il forme un feu à réverbère qui est nécessaire pour bien souder l'acier, et que d'ailleurs on peut empêcher qu'il ne s'introduise du charbon entre les lames de la trousse, au lieu que cela seroit impossible si elle y étoit enterrée.

On peut aussi se servir du charbon de bois, ainsi que cela se pratique en Styrie; mais il occasionne un plus grand déchet que celui de pierre, parce qu'il chauffe immédiatement par son contact, au lieu qu'avec du charbon de pierre l'acier n'est chauffé que par la flamme.

On prépare le raffinage de l'acier brut en cassant d'abord les barreaux de la longueur d'environ six ou huit pouces. On fait dans le fond du foyer et jusqu'à la hauteur de la tuyère une couche de charbon écrasé qui a déjà été brûlé [1], afin qu'il ne contienne plus de ces parties sulfureuses toujours nuisibles au fer. On y arrange les barreaux les uns sur les autres en grillage; les deux de la base ont seize à dix-huit pouces de longueur, et sont placés, l'un au contre-vent, et l'autre près du mur de la tuyère : ils sont en même temps appuyés sur la plaque *D*, de façon que les trois ou quatre couches dont le grillage est composé, se trouvent fort au-dessus du vent. La première est composée de deux barreaux, et dans les autres on en met autant qu'on peut en placer sans qu'ils se touchent. On les couvre avec du charbon grillé, et l'on charge cette première couche de charbon neuf, humecté et écrasé avec une petite pelle de fer. Chaque cuite est ordinairement de quatre-vingt-dix à cent livres d'acier.

Etirage des barreaux en lames.

Les barreaux étant bien chauds, on les étire en lames d'environ

1. On ne doit jamais souffrir que le charbon neuf touche l'acier; il doit toujours en être séparé par du charbon grillé.

dix-huit lignes de largeur et trois ou quatre lignes d'épaisseur; on jette ces lames dans l'eau en les retirant de dessous le marteau, et tandis qu'elles sont encore rouges : ce refroidissement subit les rend cassantes.

Elles se crevassent toujours à ce premier étirage sans que l'on puisse l'empêcher; souvent meme elles se séparent en morceaux, mais cela ne nuit point à l'acier. Le raffineur a soin de ne pas tremper les lames qui se conservent les plus entières et les plus longues à l'étirage, et il les laisse plus épaisses que les autres, ces lames ayant une destination particulière.

On casse toutes les autres pour en connoître la qualité, et on les sépare en trois classes. On désigne par première qualité celles où il y a encore des veines de fer, c'est-à-dire, nerveuses ou brillantes ; on met dans la seconde celles qui en ont moins; et enfin on regarde celles dont le grain est le plus fin, et qui se sont cassées sans déchirement, comme étant de la troisième et meilleure qualité.

Épreuve de la qualité de l'acier brut, en cassant les lames.

On destine ordinairement celle-ci pour les pièces auxquelles on veut donner le plus de perfection, et l'on réserve les deux autres pour des ouvrages qui n'ont pas besoin de tant de dureté ; mais le peu d'acier de troisième qualité que l'on trouve parmi ces lames, oblige à les mêler avec les autres, en observant cependant une proportion qui produise de l'acier propre à l'usage auquel on veut l'employer.

Il y a un poids convenu dans la plupart des raffineries allemandes pour désigner une certaine quantité d'acier, c'est *la Meisse;* elle pèse cent quarante livres. On en prend ordinairement le tiers pour chaque raffinage; il y a cependant moins de déchet en n'en prenant que le quart.

On fait avec les lames une trousse d'environ dix-huit pouces de longueur, de six à sept pouces de hauteur dans le milieu, selon leur poids total, et de trois ou quatre dans les bouts ; on les pose les unes sur les autres en dix-sept couches, plus ou moins.

Il n'est pas nécessaire qu'elles soient d'une seule pièce ; il suffit qu'il y en ait deux entières et courbes pour embrasser la trousse. On les prend parmi celles qui n'ont pas été trempées [1]. Les lames doivent être arrangées de façon que les joints d'une couche soient recouverts par les pleins de l'autre ; et il faut avoir attention de ne mettre dans le bout que l'on se propose de chauffer le premier, que le moins qu'il est possible de ces bouts de lames qui se cassent à l'étirage, et les larder dans les intervalles des grandes pour affermir la trousse ; sans cela ils s'échapperoient souvent sous les premiers coups de marteau.

On entremêle dans les couches les différentes qualités d'acier, afin que les barres qui en résultent soient homogènes. On observe aussi de séparer les lames dont la surface est ferrugineuse, pour ne pas introduire trop de nerf dans l'acier.

Planche XIV. On saisit la trousse avec une grosse tenaille *K*. On la place dans le foyer au niveau de la plaque *D*, presque contre le mur des soufflets, et de façon que le milieu de sa longueur se trouve vis-à-vis de la tuyère, et que la largeur des lames se présente horizontalement ; si elles étoient dans le sens contraire, les charbons qui se détachent de la voûte se logeroient dans leurs intervalles et empêcheroient leur réunion. On couvre la trousse avec du charbon grillé : on prend ordinairement celui de l'opération précédente ; on l'écrase dessus avec le tisonnier ; on met ensuite le charbon neuf de même qu'on l'a fait pour les barreaux ; on l'entasse et on le presse au pied du contre-vent, parce que c'est là qu'est le point d'appui de la voûte ; on bouche en même temps le devant, en observant qu'il y ait du charbon grillé autour de la trousse, afin que le charbon neuf ne la touche pas.

On laisse aller les soufflets pendant quelque temps sans donner

---

1. En Styrie la trousse est d'environ 30 livres ; elle est composée de huit barreaux d'un pouce de largeur et huit lignes d'épaisseur.

du jour à l'enveloppe; on a même soin de boucher les ouvertures par où la flamme s'échappe, en y appliquant du charbon avec la petite pelle de fer, pour concentrer le feu et entretenir la voûte de la même épaisseur; on a soin aussi de l'arroser de temps en temps.

Après environ un gros quart d'heure, la voûte a pris de la consistance. Le raffineur perce alors le devant de l'enveloppe, pour pouvoir examiner les progrès du feu, et depuis cet instant il ne quitte plus sa trousse de vue; il est continuellement occupé à veiller à ce qu'elle se chauffe partout également, sans cependant la déplacer : cela se fait en portant avec la petite palette, sur les endroits trop chauds, de la terre argileuse bien sèche [1], mêlée avec des scories métalliques [2]. Cette terre, par sa fraîcheur, arrête les progrès du feu; en se fondant elle forme un enduit qui préserve la trousse de la calcination, et donne le temps aux lames du milieu de s'échauffer au degré suffisant pour se bien souder. Il empêche aussi le vent des soufflets de détacher les parties métalliques, et en coulant sur les lames il entraîne les scories qui s'y attachent.

Cette attention de la part de l'ouvrier doit être continuelle pendant tout le temps que la trousse est au feu; il doit aussi avoir soin d'entretenir toujours libre l'intervalle qu'il y a entre elle et la voûte, en retirant les crasses ou les charbons qui s'en détachent, afin que la flamme puisse bien circuler.

La trousse étant d'une égale nuance et d'un rouge très-blanc, il la retire un moment du feu sur la plaque *D*, et la bat avec un

1. La terre dont j'ai vu faire usage étoit composée d'environ un quart de terre argileuse et de trois quarts de sable.

2. On prépare ce mélange d'avance. Il y a des raffineurs qui ne mêlent pas les scories avec la terre et qui les tiennent dans deux caisses placées l'une au-dessus de l'autre; ils se servent d'abord de la terre et ne portent les scories sur l'acier qu'au moment où il est prêt à souder. L'usage essentiel de ces scories est d'entraîner la fusion du sable, le fer ayant celle propriété.

marteau à main pour appliquer les lames les unes sur les autres et les disposer à se souder; il observe surtout de frapper sur les bords afin qu'il ne reste point d'entrée pour le charbon ou le mâche-fer. Il remet la trousse au feu, et il peut alors la tourner en tous sens pour la chauffer également, sans craindre que les charbons et le mâche-fer s'introduisent entre les lames.

On remarque ici, de même que dans toutes les autres circonstances où l'on chauffe au soufflet, que la partie du foyer la plus éloignée de la tuyère est celle où la chaleur est la plus forte, par la raison que la pointe de la flamme y est dardée, et que c'est l'endroit du foyer le plus éloigné de l'origine du vent.

Quand la fusion de la terre argileuse dont il a soin de couvrir continuellement la trousse, forme un enduit bien blanc et bien uni sur toute sa surface, et qu'elle est partout d'une couleur égale, il saisit la trousse avec des tenailles plus petites que les premières, parce qu'elle a perdu de sa hauteur; il la porte sous le marteau, et laisse tomber les premiers coups sur le bout, pour y fixer d'abord la réunion des lames et empêcher qu'elles ne s'échappent. Il présente ensuite successivement au marteau la partie de la trousse qui est hors de la tenaille. Ces premiers coups ne sauroient être trop accélérés; car leur effort a moins de part à la soudure que la vîtesse avec laquelle les surfaces doivent être pressées l'une contre l'autre. Si l'on donne au laitier, qui est la soudure du fer, le temps de se figer, il se réduit en scories terreuses et s'oppose à la réunion : c'est ce qui fait que l'on doit avoir soin de lâcher l'eau qui fait aller le marteau, pendant qu'on retire la trousse du feu, afin que le raffineur, en arrivant à l'enclume, le trouve levé et qu'il n'y ait pas de temps perdu. Il a soin de ménager les premiers coups pour ne pas déranger les lames; mais une fois qu'elles sont réunies, il les présente au marteau dans le haut sens, et il le laisse aller avec toute la vîtesse dont il est susceptible.

Il ne faut pas chercher à étirer la trousse à ce premier marte-

lage; il suffit de la promener deux fois sous le marteau, et d'en bien refouler les angles : ce n'est qu'après l'avoir reportée au feu et l'avoir chauffée bien blanc une seconde fois que l'on peut la souder complétement [1]. On profite de cette chaude pour réduire la partie qui est hors des tenailles en barreau d'environ trois pouces de largeur, et deux pouces six lignes d'épaisseur.

Il est essentiel, en raffinant l'acier, d'entretenir les angles de la trousse rabattus; sans cela il s'y forme des gerçures qui se conservent, et qu'il n'est possible de souder que par un feu très-violent, toujours nuisible à l'acier une fois qu'il est en barre.

Le raffineur avec les mêmes tenailles reprend le bout qui vient d'être étiré. Il met au feu celui qui n'est pas soudé, place la trousse dans le milieu du foyer, et n'a plus besoin de l'approcher du mur pour empêcher que les lames se dérangent. Il traite ce bout de la même façon que le premier.

Il profite de ce degré de chaleur pour donner quelques coups de couperet sur le milieu de la longueur du barreau *N*, et le trancher aux trois quarts; il replie ces deux moitiés l'une sur l'autre, en prenant un point d'appui entre deux poinçons enfoncés à huit à dix pouces de distance sur le bloc de l'enclume, ou en engageant sous le marteau le bout qui est hors de la tenaille.

Il laisse tout de suite tomber deux ou trois fois le marteau dessus, pour les rapprocher sans les faire toucher.

Si le pli ne conservoit pas de liaison, on manœuvreroit difficilement cette pièce dans le feu, et l'on auroit de la peine à en tenir les deux parties ensemble pour les souder. Le raffineur chauffe ces barreaux en les plaçant de manière que leurs séparations soient dans le sens vertical; il les laisse devenir blancs, et il a l'atten-

---

1. Il y a des reffineurs qui épargnent cette seconde chaude, et qui forment le berreau à la première; meis il n'y a qu'un habile ouvrier, bien assuré du degré de chaleur, qui puisse s'en dispenser.

tion d'employer beaucoup de terre argileuse, parce qu'il est nécessaire qu'il en coule dans leur séparation pour entraîner les scories qui s'y forment.

On peut retirer un moment ces barreaux du feu, pour les faire toucher, les mettre vis-à-vis l'un de l'autre par le moyen d'un marteau à main, et les rechauffer ensuite avant de les souder.

On ne les bat que d'un petit nombre de coups, et on les porte au feu pour achever la soudure. On fait la même opération sur l'autre bout. [1]

Acier d'une marque.

Lorsque ces barreaux n'en forment plus qu'un, on le nomme acier d'une marque, c'est-à-dire, qui n'a été raffiné qu'une fois. Cet acier contient encore trop de laitier, et ses fibres ne sont pas encore assez fines pour des outils qui exigent de la dureté.

En doublant ce barreau, et en le réduisant aux mêmes dimensions, on double le nombre de ses fibres; leur grosseur doit par conséquent diminuer, et leur quantité augmenter en proportion du nombre de fois que l'on répète le doublement. L'acier gagne en même temps de la densité sous le marteau, puisque les parties métalliques trouvent toujours moins d'obstacle à se rapprocher, à mesure qu'on les débarrasse du laitier intermédiaire qui les empêche de se toucher.

Acier de deux marques.

Pour faire de l'acier de deux marques, on entame l'épaisseur de ce nouveau barreau aux deux tiers, au moment qu'il est formé, et on le traite comme le premier.

Acier de trois marques.

Si après avoir soudé ce second barreau, l'avoir étiré en coin et tranché encore dans le milieu de sa longueur, on le replie sur lui-même une troisième fois et qu'on le soude, on a de l'acier de la troisième marque. [2]

1. Il y a des raffineurs qui présentent d'abord les barreaux sous le marteau, de la même façon qu'ils étoient placés dans le feu, pour les mettre bien vis-à-vis l'un de l'autre; et ce n'est qu'après avoir frappé trois ou quatre coups sur cette face qu'ils présentent l'autre pour les souder, mais ils perdent l'instant favorable de la soudure.

2. Il y a des raffineurs qui, au lieu de former ce troisième pli, achèvent d'étirer le

Il ne reste plus qu'à le réduire aux dimensions que l'on veut donner aux barres. Pour cela on coupe le dernier barreau en deux parties égales, que l'on traite l'une après l'autre. On en chauffe d'abord un bout rouge blanc à souder, on le couvre de terre à plusieurs reprises; quand il commence à être bien chaud, on le présente au marteau. Le raffineur se contente de le frapper d'abord de quelques coups et d'en émousser les angles; il le reporte au feu, où il le laisse trois ou quatre minutes; il le repasse de nouveau sous le marteau, où il ne lui donne encore qu'un petit nombre de coups; enfin il le réchauffe pour la dernière fois; il achève alors d'étirer ce bout en barre, puis il le laisse refroidir.

Pendant cette dernière opération, le garçon du raffineur a mis l'autre partie du barreau au feu; le raffineur l'étire à moitié comme la première, qu'il reprend ensuite pour en étirer le bout qui ne l'étoit pas.

Acier de 4.e, 5.e et 6.e marque.

On peut faire de l'acier de quatrième, cinquième et de sixième marques en répétant la même opération sur le barreau; mais comme il en résulte beaucoup de déchet, et que l'acier très-fin n'est pas d'un grand usage dans le commerce, on se contente d'en avoir de deux marques. Ce n'est que dans les manufactures d'armes blanches qu'on emploie l'acier de trois marques pour les lames, parce qu'il faut que cet acier ne soit pas trop cassant, vu le peu de ménagement que le soldat a pour cette arme.

Si l'on veut de l'acier très-fin, comme pour des rasoirs, etc., on fait d'abord de l'acier de deux marques, et on l'étire en barres de deux pouces de largeur et de quatre lignes d'épaisseur. On divise cette barre en morceaux de dix-huit pouces de longueur, et l'on en forme une nouvelle trousse, que l'on replie et que l'on soude trois fois.

---

barreau de la deuxième marque dans toute sa longueur, et le plient sur lui-même, comme à la première et à la seconde marques.

On pourroit, pour rendre encore l'acier plus parfait, choisir, en formant la trousse, les lames de première qualité; mais ce choix seroit aux dépens de celui que l'on feroit avec les lames qui resteroient après le triage.

Au surplus, il y a de l'acier qui perd de sa dureté quand on le raffine à tant de reprises. Il est vrai qu'il y en a d'autre qui soutient jusqu'à vingt-quatre raffinages sans perdre de sa qualité; il est bien pliant après ces opérations, et se déchire avant la trempe : mais après avoir été trempé il reprend sa dureté, au point de couper le verre; c'est une épreuve que j'ai repétée très-souvent.

## *Résultat des procédés du raffinage de l'acier.*

1.° Le raffineur doit, toutes les fois qu'il remet l'acier au feu, écraser la voûte de charbon, et la reconstruire en la couvrant de charbon neuf.

2.° Détacher de temps en temps avec la palette les parties saillantes du charbon dans l'intérieur de la voûte, pour l'entretenir unie, et procurer à la flamme une circulation libre autour de la trousse.

3.° Faire écouler le laitier à mesure qu'il y en a une trop grande quantité dans le foyer, retirer aussi le mâche-fer qui se ramasse sous la trousse, pour que rien ne gêne le vent.

4.° Toutes les chaudes qu'il donne aux barreaux doivent être très-soudantes, pour que leur réunion se fasse bien; et cela ne peut avoir lieu qu'en les chauffant en pâte bien molle.

NB. Les raffineurs pèchent toujours en ne pas bien chauffant. S'ils ne saisissent pas le degré de chaleur qui convient à une bonne soudure, elle ne se fait pas bien; s'ils outrepassent ce degré, le déchet devient trop considérable, et comme il est ordinairement à leur préjudice, ils craignent toujours de trop chauffer : aussi leur acier est souvent désuni intérieurement. Ces

désunions ne sont jamais susceptibles de la trempe, et interrompent le ressort des lames.

5.° Chaque fois que le raffineur sort l'acier du feu, et qu'il le porte sous le marteau pour le souder, il le roule dans de la terre argileuse mêlée avec des scories métalliques : cette terre empêche que le laitier dont il est enduit ne s'écoule en chemin; elle concentre en même temps la chaleur, et conserve l'acier chaud pendant le trajet du feu au marteau.

6.° En martelant, il distingue les désunions qui se forment souvent à la surface de l'acier, à des taches d'un rouge plus foncé que celui du reste de la barre; il les ouvre avec une tranche pour faire sortir l'air qui y est renfermé, et la soudure s'en fait à la chaude suivante.

Il a soin d'emporter à la tranche les feuilles minces qui, dans le martelage, se détachent de la surface de la barre, et conservent encore de la liaison avec elle par une de leurs extrémités; autrement ces feuilles, qui ne contiennent presque point de laitier, deviendroient un obstacle à la soudure de la barre, si on vouloit la doubler avec une autre.

Le charbon de pierre est aussi employé au travail de l'acier.

On se sert aussi dans les petites forges de charbon de pierre pour travailler l'acier, mais ceux de hêtre et de charme sont les meilleurs, et ce n'est qu'à leur défaut que l'on emploie le charbon de pierre. Quand celui de bois est rare, on le mêle avec ce dernier; mais il faut le faire flamber quelque temps avant de mettre l'acier au feu, surtout s'il contient du soufre.

Le charbon sulfureux ne vaut rien pour souder, par la raison que le soufre est un dissolvant du fer rouge; ainsi il faut nécessairement le laisser flamber auparavant, l'éteindre dans l'eau, et ne le mêler qu'alors avec le charbon de bois. Quoiqu'on fasse de meilleurs taillans avec du charbon de bois, et que ce charbon ménage mieux l'acier, celui de pierre, qui est léger et a peu d'ardeur, surtout lorsqu'auparavant on l'a fait flamber, est pré-

férable pour corroyer l'acier, parce qu'il se forme en voûte devant la tuyère et concentre la chaleur ; et comme son feu est plus pénétrant, il est bon pour le fer épais. Au contraire celui de bois est préférable pour donner les dernières chaudes suantes, ainsi que pour finir un taillant. Il vaut mieux aussi pour la trempe et pour le recuit [1]; car on risque moins de trop chauffer : il ne s'attache pas autant au taillant que celui de terre, et ne masque pas la nuance du recuit.

1. On verra à l'article de la trempe, page 222 ci-après, ce que c'est que le recuit.

# CHAPITRE IX.

## *Estimation de ce qu'il peut en coûter pour réduire la fonte de fer en acier raffiné.*

On a aussi fait des recherches pour connoître le prix de la livre d'acier : les épreuves suivantes ne donnent que des aperçus, parce qu'elles sont locales ; mais l'on peut compter sur l'exactitude de l'état de la consommation du charbon, de la fonte et de la ferraille ou mitraille, employés à la fabrication de l'acier, et du temps nécessaire tant à la conversion du fer de fonte en acier qu'à son raffinage.

On a opéré sur trois qualités de fonte : l'une étoit d'un grain propre à produire du bon acier ; une autre avoit le grain plus terne ; et enfin une troisième étoit d'un grain extrêmement foncé et, d'après ce qui a été prouvé dans ce traité, elle étoit celle des trois fontes qui contenoit le moins de laitier.

On s'est borné au détail de l'estimation de la fonte N.° 1.

## CHAPITRE X.

### *Tableau de la conversion de six plaques de fer de fonte en acier brut, et du raffinage de cet acier.*

*Emploi des trois plaques de fonte d'un beau grain, N.° 1, pesant 728 livres.*

CONVERSION EN ACIER BRUT.

| | QUANTITÉ de loupes forgées. | TEMPS employé à chaque loupe. | | CUVEAUX de charbon de bois consommés. | FONTE mise dans chaque loupe. | MITRAILLE de fer mise dans chaque loupe. | ACIER brut provenant de chaque loupe. | DÉCHET sur chaque loupe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | heures. | minutes. | | L. | L. | L. | L. |
| | 1 | 4 | 17 | $1\frac{1}{2}$ | 27 | 21 | | 48 |
| | 1 | 4 | 54 | 1 | 59 | 12 | 24 | 47 |
| | 1 | 5 | 55 | 1 | 119 | 36 | 99 | 56 |
| | 1 | 6 | 7 | $1\frac{1}{6}$ | 133 | 47 | 127 | 53 |
| | 1 | 4 | 19 | 1 | 93 | 34 | 81 | 46 |
| | 1 | 6 | 30 | $1\frac{1}{2}$ | 141 | 59 | 140 | 60 |
| | 1 | 6 | 40 | $1\frac{1}{4}$ | 156 | 60 | 138 | 78 |
| Totaux pour les trois plaques N.° 1. | 7 | | | $8\frac{5}{12}$ | 728 | 269 | 609 | 388 * |

RAFFINAGE DE L'ACIER BRUT, N.° 1.

| QUANTITÉ de trousses. | CHARBON de terre consommé. | QUANTITÉ d'acier brut employé. | PRODUIT EN ACIER RAFFINÉ, | | DÉCHET. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | à 3 marques. | à 2 marques. | |
| | L. | L. | L. | L. | L. |
| 13 | 1260 | 609 | $299\frac{7}{8}$ | $123\frac{1}{2}$ | $185\frac{5}{8}$ |

Le fer de cette fonte, étant meilleur que les deux autres, a éprouvé le moins de déchet.

* Les deux premières loupes ont été manquées faute de connoître la nature de la

*Acier brut en deux plaques d'un grain trop foncé, N.° 2, pesant 393 livres.*

| Quantité de loupes forgées. | Temps employé à chaque loupe. | | Quintaux de charbon de bois consommés. | Fonte mise dans chaque loupe. | Mitrailles de fer mise dans chaque loupe. | Acier brut provenant de chaque loupe. | Déchet sur chaque loupe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | heures. | minutes. | | L. | L. | L. | L. |
| 1 | 6 | 39 | 1 | 121 | 62 | 129 | 54 |
| 1 | 6 | 29 | 1 | 110 | 83 | 102 | 91 |
| 1 | 6 | 25 | $1\frac{1}{4}$ | 162 | 34 | 64 | 132 * |
| Totaux pour les plaques N.° 2. 3 | | | $3\frac{1}{4}$ | 393 | 179 | 295 | 277 |

RAFFINAGE DU N.° 2.

| Quantité de trousses. | Charbon de terre consommé. | Quantité d'acier brut employé. | Produit en acier raffiné, à 3 marques. | Produit en acier raffiné, à 2 marques. | Déchet. |
|---|---|---|---|---|---|
| | L. | L. | L. | L. | L. |
| 6 | 706 | 295 | $127\frac{4}{8}$ | $65\frac{1}{8}$ | $102\frac{3}{8}$ |

Cette fonte a éprouvé plus de déchet que celle du N.° 1, par la raison, sans doute, qu'elle contenoit moins de laitier.

---

fonte; les cinq autres ont donné de bon acier très-dur, mais le déchet a été trop fort, ainsi qu'un raffinage, parce que ce n'étoient que des épreuves.

* La dernière loupe est restée à moitié attachée au creuset.

*Une plaque d'acier brut d'un grain encore plus foncé, N.° 3, pesant 196 livres.*

| | QUANTITÉ de loupes forgées. | TEMPS employé à chaque loupe. | | CUVEAUX de charbon de bois consommés. | FONTE mise dans chaque loupe. | MITRAILLE de fer mise dans chaque loupe. | ACIER brut provenant de chaque loupe. | DÉCHET sur chaque loupe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | heures. | minutes. | | L. | L. | L. | L. |
| | 1 | 5 | 43 | 1 | 113 | 39 | 86 | 66 |
| | 1 | 6 | 25 | 1 | 83 | 45 | 52 | 76 |
| TOTAUX pour la plaque N.° 3. | 2 | | | 2 | 196 | 84 | 138 | 142 |

RAFFINAGE DU N.° 3.

| QUANTITÉ de trousses. | CHARBON de terre consommé. | QUANTITÉ d'acier brut employé. | PRODUIT EN ACIER RAFFINÉ, à 3 marques. | PRODUIT EN ACIER RAFFINÉ, à 2 marques. | DÉCHET. |
|---|---|---|---|---|---|
| | L. | L. | L. | L. | L. |
| 3 | 336 | 138 | 62 7/8 | 28 7/8 | 46 2/8 |

Cette fonte a été la plus difficile des trois à traiter, et a éprouvé infiniment plus de déchet que les autres, par la raison aussi de sa trop petite quantité de laitier.

## *Produit de la fonte N.° 1.*

Cette fonte s'est trouvée la meilleure des trois et elle a éprouvé moins de déchet que toutes les autres.

Les 728℔ de fonte ont produit $423\frac{3}{8}$℔ d'acier raffiné à trois marques qui, selon l'estimation locale, coûtent ;

Savoir :

| | # | ʃ | d. |
|---|---|---|---|
| La fonte estimée à 2ʃ la livre, ci....... | 72 | 16 | - |
| 269℔ de mitraille de fer, à 1ʃ 3d....... | 16 | 16 | 3 |
| $8\frac{5}{18}$ cuveaux * de charbon de bois pour la fonte, à 5# le cuveau............ | 42 | 1 | 8 |
| Six journées de fondeur et de compagnon, à 6# l'une........................ | 36 | - | - |
| Total pour 609℔ d'acier brut. | 167 | 13 | 11 |
| Onze journées de raffineur et de son compagnon, à 5#, ci.................. | 55 | - | - |
| Douze quintaux 60℔ de charbon de terre pour le raffinage, à 2# le quintal..... | 25 | 4 | - |
| Total pour $425\frac{2}{3}$℔ d'acier raffiné à trois marques........ | 247 | 17 | 11 |

L'acier raffiné à trois marques revient donc à 11ʃ 9d. Ce prix peut être moindre de 3 ou 4ʃ dans des endroits où les charbons sont à meilleur marché que dans celui où l'épreuve s'est faite, d'autant mieux que les épreuves coûtent toujours plus cher que le produit d'un travail suivi.

* Voyez le poids du cuveau, pag. 54 et 55.

# CHAPITRE XI.

## *Trempe de l'acier.*

Pour concevoir les causes de la trempe, il faut se rappeler ce qui a été dit ci-devant, que les fibres de l'acier sont plus fines et plus rapprochées que celles du fer, et que, quand on les ramollit, le peu de laitier que l'acier contient ne s'oppose pas à leur rapprochement, à la moindre pression qu'on leur fait éprouver; ce qui a donné lieu à l'opinion générale que la dureté que l'acier prend à la trempe est due à l'écrouissement qu'il éprouve de la part de l'eau, lorsqu'on l'y plonge étant ramolli par la chaleur. Voici comme les partisans de ce système l'expliquent. La chaleur de l'acier rouge, si on le trempe dans l'eau, dilate avec une sorte d'explosion l'eau qu'il déplace, et réduit en *alitus* celle qui l'entoure : cette eau dilatée, trouvant un point d'appui contre celle qui l'environne et qui n'a pas encore ressenti de chaleur, donne lieu à la réaction des vapeurs dilatées sur l'acier, et occasionne cette prétendue condensation.

L'écrouissement, s'il avoit lieu de cette manière, devroit occasioner une diminution de volume dans l'acier; mais Muschenbröck, et après lui d'autres observateurs, ont reconnu que l'acier chauffé blanc et trempé dans l'eau augmente de volume d'un quarante-huitième, en sorte qu'il n'y a point d'écrouissement, puisque l'acier trempé a moins de densité qu'avant la trempe. On est fondé, par les observations et les épreuves précédentes, à attribuer principalement sa dilatation, sa dureté et sa fragilité, au laitier qui, comme on l'a dit, remplit les interstices des fibres et se rassemble surtout en plus grande quantité à la surface des

barres. On remarque que les endroits des plaques qui sont blanchis par le laitier résistent à la lime, au lieu que ceux qui sont ternes se laissent limer comme du fer battu.

Plus l'acier est épais et plus l'eau est froide, plus sa surface se durcit à la trempe; sans doute parce qu'étant épais il contient plus de laitier que s'il étoit plus mince, et qu'il s'en rassemble davantage à sa surface, la fraîcheur de l'eau qui le saisit l'empêchant de rentrer dans l'intérieur da la barre: car, que l'on fasse rougir à blanc une barre de fer, même nerveux, et qu'on la trempe dans l'eau; en la rompant, on trouvera sa surface grainée et la couche de grains d'autant plus épaisse que la barre aura été plus chauffée, et sa résistance à la lime sera dans la même proportion. La fonte n'a plus de dureté que le fer battu, que parce qu'elle contient plus de laitier : l'acier en contient sans doute moins que le fer; mais, vu le rapprochement de ses fibres, ce qui lui en reste suffit pour remplir l'objet de la dureté à la trempe.

Il n'y a qu'un degré de chaleur qui convienne à l'acier que l'on veut tremper, c'est le rouge qui se montre l'instant après que la couleur de l'acier froid disparoît; c'est-à-dire, quand le rouge, qui commence toujours aux bords, s'est étendu jusqu'au milieu, et efface le noir du fer. On attend que le rouge soit bien prononcé, et que sa nuance soit égale partout et prenne la couleur du second degré de rouge; pour lors on le trempe dans l'eau : c'est ce *rouge-cerise* jaune que les ouvriers nomment couleur de rose. Il est essentiel que le rouge soit égal, sans cela la dureté de l'acier ne seroit pas la même partout : il faut avoir cette attention dans les outils que l'on trempe, pour que leur taillant soit homogène.

Degré de la chaleur de la trempe.

Si l'on outrepassoit ce degré de chaleur, et qu'on le poussât au rouge blanc, l'outil s'égréneroit; il faudroit alors le chauffer et le marteler de nouveau pour détruire l'effet de cet excès de chaleur : il occasionne d'ailleurs des gerçures profondes

qui font éclater les outils à la trempe, surtout lorsqu'on veut redresser ceux qui s'y voilent.

Si, au contraire, l'acier n'a pas été assez chauffé, il ne prend pas à la trempe la dureté suffisante, par la raison que, la chaleur n'ayant pas été assez forte pour fondre le laitier, l'effet de la trempe ne peut pas avoir lieu.

Il y a cependant moins d'inconvénient à ne pas chauffer assez l'acier qu'à le laisser trop long-temps au feu, puisque, s'il ne prend pas assez de dureté à la trempe, on peut encore le réchauffer au degré suffisant et le retremper : au lieu que s'il est trop dur, on est obligé de le forger de nouveau, et par conséquent de le diminuer d'épaisseur et souvent de le déformer; ce qui est un inconvénient si l'outil a des dimensions déterminées.

On ne peut pas compenser le trop de chaleur en trempant l'acier dans l'eau moins froide; l'expérience apprend qu'un acier trop chauffé et que l'on trempera même dans l'eau tiède s'égrènera toujours, et que celui que l'on ne fait pas assez rougir, fût-il plongé dans l'eau glacée, sera toujours tendre.

On connoît qu'un acier a été trop chauffé, lorsqu'en le retirant de l'eau, il en sort blanc et sans taches noirâtres; s'il a été bien chauffé, il doit être d'un blanc terne; et s'il a des taches couleur de rouille, c'est une preuve qu'il contient encore du fer.

La gelée, ainsi qu'on l'a dit ailleurs, suffit pour donner de la dureté au fer et le rendre cassant : l'air chaud opère l'effet contraire et contribue à adoucir la trempe.

Il faut tremper dans un endroit où l'on distingue bien la nuance du rouge; mais le très-grand jour n'est pas favorable, il éblouit le trempeur : aussi distingue-t-on mieux le degré de chaleur l'hiver.

Il n'en est pas de même du recuit, dont on va parler; le plus grand jour est le plus favorable.

NB. 1.° Le milieu d'une barre d'acier, si elle est épaisse, n'est jamais bien trempé; l'impression de l'eau ne pouvant pénétrer à

une certaine profondeur, la chaleur que l'intérieur conserve après que la surface est refroidie, recuit la partie qui l'environne.

2.° La surface d'un fer chauffé suant prend une couleur d'acier quand on le trempe dans l'eau : on peut durcir ainsi le soc d'une charrue.

Les pièces plates se voilent quand on les trempe, ce qui vient souvent du forgeur : une plaque, par exemple, d'une ou de deux lignes d'épaisseur, qui a été forgée du même côté, se courbe toujours du côté où elle a reçu les coups de marteau, quoiqu'on l'ait ensuite redressée après avoir été forgée. Il faut donc battre ces pièces alternativement d'un bout à l'autre, et les réchauffer rouge cerise quand leur rougeur cesse, et continuer ainsi à les battre jusqu'à ce qu'elles soient réduites à leur épaisseur. Cause de la courbure des pièces plates à la trempe.

Si l'épaisseur de la pièce est égale, on la plonge perpendiculairement dans l'eau ; et si elle est plus épaisse à un de ses bords qu'à l'autre, il faut la tremper du côté de la plus forte épaisseur. La partie mince se voileroit si on la plongeoit d'abord, et ses bords se gerceroient, par la raison qu'elle seroit refroidie la première, et que la partie épaisse se condensant après feroit courber la plus mince de son côté. Ceci peut s'appliquer à une lame de sabre ou à un rasoir : aussi a-t-on soin de courber le dos d'un rasoir du côté du tranchant avant de le tremper, en le forgeant à petits coups, alternativement sur sa longueur et sa largeur.

Les lames de sabre se courbent ordinairement sur le plat, parce que l'acier qu'on y emploie contient encore du fer, et que la face où il y en a le plus attire l'autre. Le fer doit effectivement se retirer plus que l'acier, parce que celui-ci est plus dense, et qu'ayant moins de dilatation, il éprouve aussi moins de condensation. Le fer se retire plus que l'acier.

Pour se convaincre que les courbures des outils plats que l'on trempe se font toujours du côté du fer, on a fait souder une Épreuve sur cette retraite.

lame de fer de huit pouces de longueur, dix lignes de largeur et deux lignes d'épaisseur, avec une lame d'acier très-fin, parfaitement égale en dimensions à celle de fer; après la soudure on a trempé la barre mixte dans l'eau très-fraîche, et la courbure s'est faite du côté du fer : cette épreuve renouvelée a donné le même résultat.

On redresse les pièces courbées en frappant sur le côté concave avec un marteau à tranchant court.

Principe général.

Plus l'acier est fin, moins il faut le chauffer, soit en le travaillant, soit en le trempant; mais il faut toujours le chauffer pour la trempe jusqu'au degré de chaleur suffisant pour faire fondre le laitier.

L'eau courante sortant d'une source prochaine est la meilleure pour tremper : elle ne doit être ni trop froide ni chaude; la première rend l'acier cassant, et la seconde ne lui donne pas assez de dureté.

Les graisses et les huiles, ainsi que ce que l'on met dans l'eau pour tempérer sa fraîcheur, sont employées pour rendre l'acier moins cassant.

On met dans l'eau du limon, ou des scories, pour que l'outil ne soit pas surpris par la fraîcheur.

Les graisses et l'huile ou le savon s'emploient pour le même usage.

En Allemagne on trempe les outils dans un mélange de quinze à dix-huit livres de suif de bouc ou de mouton (au défaut de celui-ci, une livre de savon) avec deux livres de vert-de-gris : ce mélange tient lieu de l'eau de la trempe. Le recuit se donne en laissant sécher l'enduit que l'outil prend dans ces graisses, jusqu'à ce que la fumée ait cessé : l'outil doit être alors bleu foncé.

On fait des bains moins composés : on remplit un vaisseau de suif ou d'autres graisses, et on y trempe l'acier pour le refroidir une première fois; on le réchauffe ensuite et on le trempe à l'or-

dinaire. On peut tremper ainsi plusieurs fois la même pièce sans qu'elle se fende.

Les outils ainsi trempés ne sont pas sujets à se voiler ni à se gercer; mais aussi n'ont-ils jamais un taillant aussi vif et aussi *friant* (en terme d'ouvrier) que ceux qui sont tout simplement trempés dans l'eau pure, si l'on a soin de la dégourdir quand la pièce à tremper est mince.

Remarques.

Un artiste très-intelligent a observé que l'eau même de rivière n'est pas si bonne pour tremper que l'eau de source courante. Un autre a donné le moyen de connoître le degré de rouge qui convient à chaque sorte d'acier à la trempe : il faut, dit-il, en forger une pyramide au bout d'un barreau, la tenir au feu jusqu'à ce que sa pointe soit rouge-blanc, et la tremper : en cassant la pyramide à différentes distances, on connoîtra au grain de l'acier et à sa dureté (si l'on a bien observé les nuances de la rougeur) quelle est celle qui a donné lieu à la meilleure grainure.

Le sel qu'on met dans l'eau lui donne plus de fraîcheur et durcit par conséquent l'acier, mais il le rend cassant. On trempe aussi dans de l'urine par la même raison.

L'huile peut servir pour les pièces qui ont moins d'une ligne et demie d'épaisseur : cette trempe est plus douce.

L'impression de l'air, surtout s'il est froid, augmente la force de l'eau; il suffit même pour des pièces très-minces et qui n'ont pas plus d'une ligne d'épaisseur. On les fait rougir à l'ordinaire et on les serre dans un étau : cette pression suffit pour leur donner une dureté suffisante et un beau grain.

Les pièces qui doivent conserver toute leur dureté et qui sont épaisses, comme les aimans artificiels, se redressent sur un tas de plomb avec un marteau d'acier de trois onces, trempé très-dur dans un mélange par parties égales d'eau et d'urine. Il faut frapper du côté de la face concave en différens sens. Ce marteau peut servir pour des pièces qui ont six lignes d'épaisseur et envi-

ron seize lignes de largeur. Il faut un marteau plus léger pour de plus petites pièces : un marteau du poids de quatre gros a redressé un fil d'acier qui avoit une ligne et demie de diamètre.

Courbure du taillant des gros outils.

Le taillant des gros outils, quand il se voile à la trempe, se redresse au recuit, après l'avoir fait chauffer jusqu'à ce qu'il ait pris la couleur bleu foncé ; on le frappe ensuite à petits coups du côté du cintre.

# CHAPITRE XII.

## *Du recuit de l'acier.*

L'ACIER est trop dur et trop cassant au sortir de la trempe: il faut, pour pouvoir faire usage des outils qui en sont armés, le ramollir et diminuer sa dureté au degré qui convient à l'usage auquel on le destine; ce qui ne peut s'opérer que par un nouveau degré de chaleur, que l'on nomme *recuit*, qui, en dilatant l'acier, détruit une partie de la trempe. Mais pour s'arrêter au degré de chaleur convenable au degré de dilatation que l'on veut donner, il est nécessaire d'avoir des signes pour chaque degré de chaleur; la nature les a déterminés. L'acier se colore au feu, successivement et à mesure qu'il s'échauffe davantage, des nuances de l'arc-en-ciel; et elles sont bien distinctes quand l'acier est poli.

Le commencement de la chaleur donne à l'acier la couleur jaune pâle, qui augmente jusqu'au rouge qu'il prend lorsqu'il est plus chauffé; il devient ensuite bleu après avoir passé par les couleurs intermédiaires: on ne distingue jamais le rouge que par la couleur violette ou, en langage d'ouvrier, *gorge de pigeon*. Le gros bleu qui succède au violet s'affoiblit à mesure que la chaleur augmente; il se dissipe enfin entièrement, et l'acier ne se colore plus que du rouge de feu. Couleurs que l'acier prend au feu.

Il y a des savans qui ont expliqué cette conformité des couleurs que l'acier prend au feu avec celles de l'arc-en-ciel, par le déplacement du phlogistique [1] à mesure qu'on le chauffe, et qui comparent ces couleurs à celles que la céruse prend successivement au feu.

1. Vieux style.

Cette explication ne paroît pas bien satisfaisante; car le cuivre et l'argent prennent au feu les mêmes couleurs. Les acides les produisent, surtout sur l'argent. La lumière même, réfléchie par un métal (par l'or, si l'on veut) hérissé de surfaces différemment inclinées par rapport à la direction constante d'un rayon de lumière, les font aussi paroître; par exemple, sur une boîte d'or ronde dont un des fonds est tourné en cercles concentriques.

On les trouve dans le charbon de terre et quelquefois dans celui de bois, ainsi que dans certaines mines de fer, comme dans celle de l'île d'Elbe. Ce phénomène auroit besoin d'être mieux expliqué.

Ne pourroit-on pas dire que, puisque les couleurs de l'acier changent au feu à mesure que sa chaleur augmente, ses pores, éprouvant aussi en même temps une augmentation de dilatation, doivent réfléchir les rayons de la lumière sous différens angles, de même que font les acides qui dérangent ceux de la surface des métaux.

Qu'on reprenne ici l'exemple de la boîte d'or façonnée en dessus par des cercles concentriques, qu'on la présente à une certaine distance à une lumière : on y distinguera les couleurs de l'arc-en-ciel.

Cette opinion se rapprocheroit de celle que l'on trouve dans l'Encyclopédie. [1]

Quoi qu'il en soit, c'est sur ces couleurs que le principe de la trempe est fondé : elles servent à déterminer le moment où l'ouvrier doit arrêter le degré de chaleur, refroidir l'acier et le laisser au point de dureté qui lui convient; de sorte que l'on dit en général que tel outil doit être recuit au *bleu*, et tel autre au *jaune* ou au *gorge de pigeon*, selon la dureté qu'il doit avoir.

On ne doit pas s'attendre que ces couleurs seront bien distinctes sur la surface d'un outil, surtout brut; on ne fait que les entrevoir, et il faut beaucoup d'usage à l'ouvrier pour les saisir.

1. Voyez l'édition in-folio de 1754, tom. IV, article Couleur, pag. 330 et 331.

Quoiqu'on distingue sept couleurs dans l'arc-en-ciel, on ne peut guères en admettre plus de trois dans la trempe; savoir, le jaune, le rouge et le bleu, les autres étant les nuances de ces trois couleurs : l'orangé participe du rouge et du jaune; le vert, du jaune et du bleu, et le pourpre ou violet du bleu et du rouge.

Le jaune foncé étant la première couleur qui se montre sur l'acier quand on le chauffe, et surtout sur celui qui n'a pas encore été limé, on le prend pour le signe du premier degré de recuit; il annonce la plus grande dureté qu'on puisse laisser à un acier réchauffé après la trempe.

Le violet ou gorge de pigeon est le terme moyen, et le gros bleu est le recuit qui convient en général à tous les outils dont on fait ordinairement usage; on l'outrepasse quand on veut rendre l'acier plus tendre.

Les différentes qualités de l'acier et l'usage que l'on en fait dans les arts, exigent différens degrés de recuit; on auroit de la peine à les fixer sans les couleurs que l'acier prend. Les ouvriers, pour les mieux distinguer sur un acier qui a encore la couleur qu'il a prise à la forge, le décapent avec une pierre de grès ou avec la lime : d'autres frottent l'outil avec du savon à l'instant où ils vont le plonger dans l'eau; ce savon détache les scories, et le tranchant sort très-blanc de la trempe : d'autres enfin, par la grande habitude qu'ils ont de tremper, distinguent les nuances du recuit au travers de la couleur que la forge donne à l'acier.

Les mêmes couleurs n'annoncent pas une égale dureté dans tous les outils, par la raison que les aciers ne sont pas tous de même qualité; un acier fin doit, par exemple, être plus recuit qu'un acier moins parfait, pour être réduit à la même dureté. Chaque acier exige donc un recuit différent, et ce n'est qu'après des épreuves réitérées que le trempeur peut fixer celui qui convient à l'acier qu'il traite, pour produire la dureté demandée :

si le premier outil qu'il fait avec un acier qu'il n'a pas encore employé, se trouve bon, c'est l'effet du hasard.

Le recuit qui donne à l'acier la dureté et le ressort qu'on en exige, sans qu'il s'émousse et se casse, est le point que l'on doit chercher en trempant; ce n'est par conséquent qu'en étudiant sa qualité et en le recuisant d'autant moins qu'on veut lui donner plus de ressort, qu'on y parvient. Il faut aussi s'attacher à déterminer la nuance du rouge de la trempe.

Il y a des outils qui exigent tant de dureté qu'ils seroient trop tendres si on les recuisoit jusqu'au jaune; et comme l'acier ne prend pas de couleur avant celle-là, il est nécessaire que les ouvriers emploient des tâtonnemens qui leur indiquent le recuit de l'outil, de même qu'ils en ont pour connoître les couleurs qui succèdent au bleu clair. Ils se servent ordinairement pour cela d'huile d'olive : ils en frottent l'outil jusqu'à un pouce du taillant ou de la pointe; ils le placent sur un feu de charbons de bois, et le tiennent en même temps un peu incliné; et quand l'huile, en coulant, arrive au taillant, ils le plongent dans l'eau, et par là l'outil a un foible degré de recuit.

Le deuxième est fixé au moment où l'huile en se desséchant commence à jaunir. La première nuance du jaune de l'acier succède bientôt à ce degré.

Si l'on continue à chauffer l'outil, l'huile flambe, et à l'instant où la première flamme commence à paroître, il est gorge de pigeon. Lorsque la flamme augmente il est gros bleu, et enfin il est bleu clair, ou couleur d'eau, quand toute l'huile flambe avec vivacité. Pour mieux s'assurer de cette dernière couleur, on retire l'outil du feu au moment où la première flamme paroît; on le frotte d'huile une seconde fois, et on le laisse chauffer : on attend encore que la nouvelle flamme paroisse et qu'elle commence à tomber; pour lors on refroidit l'outil. On traite ainsi les ressorts de voiture, les grosses limes trempées trop dures, etc.

On doit observer que le feu dont on se sert pour recuire l'acier

par le moyen de l'huile, doit être un peu vif : il faut l'animer de temps en temps avec le soufflet. Si l'on n'employoit qu'un petit feu morne, l'huile se dessécheroit et se consumeroit sans flamber.

Cette méthode ne vaudroit rien pour des lames de sabre ou d'épée, dont il faut saisir le point de recuit, leur ressort dépendant de la nuance à laquelle il faut nécessairement arriver, et qu'il ne faut pas outrepasser.

Pour tremper les outils on leur donne d'abord un degré de rouge proportionné à la finesse de l'acier dont ils sont armés; mais cette nuance ne doit pas trop s'éloigner du rouge jaune dont on a parlé, et qui est le terme moyen de cette chaleur. On les refroidit tout de suite dans une eau d'autant plus froide qu'ils doivent avoir plus de dureté. Principe général de la trempe.

Pour rendre moins sensible la différence des degrés de chaleur que prennent les épaisseurs inégales d'une lame, par exemple, on prend la précaution de la passer étant rouge au travers d'une boue humectée, avant de la plonger dans l'eau : cette boue est formée par les scories qui se détachent des lames et qui se ramassent dans le fond de l'auge où on les trempe.

Un outil plat dont on présente la surface parallèlement à celle de l'eau, se courbe toujours en dessous; il faut le plonger dans le sens de son épaisseur : les ressorts, les rosettes, etc. [1] sont dans ce cas. On observe aussi de ne pas les tremper dans de l'eau trop froide, le contraste étant plus à craindre pour l'acier en lame que pour un outil dont le tranchant a beaucoup d'épaisseur.

Les ouvriers, pour connoître si les outils ont acquis la dureté convenable à la trempe, essaient si la lime peut y mordre; ce moyen n'est pas sûr, car la lime peut avoir plus ou moins de dureté, eu égard à celle de l'acier : ce n'est qu'en se servant

1. On le dira à leur article.

d'un outil, lorsqu'il est trempé, qu'on peut décider du recuit qui lui convient.

## *Des gerçures et des fentes que l'acier prend à la trempe.*

La dilatation et la condensation de l'acier se font dans un temps plus court que celles du fer : on a trouvé au pyromètre que la dilatation de l'acier est à celle du fer, pendant les cent premières secondes, comme $27\frac{1}{2}$ est à 25, et leur condensation comme $14\frac{1}{2}$ est à $15\frac{3}{4}$.

L'acier doit effectivement s'échauffer plus vite, par la raison que ses fibres sont plus fines que celles du fer, et qu'étant très-rapprochées, la chaleur se communique plus promptement de l'une à l'autre. D'ailleurs en supposant les fibres d'une barre isolées entre elles, et en les comparant à un faisceau de fils, on verra que les plus fins seront plus tôt rougis que les autres.

Si l'on fait rougir une lame d'acier fin et bien homogène, également épaisse dans toute sa longueur, elle se condensera uniformément à la trempe, et il n'y aura aucune raison pour que sa surface se gerce. Mais si la lame est mêlée de couches nerveuses, et que l'acier soit à la surface, on ne doit pas être surpris qu'elle sorte gercée de la trempe, puisque les couches de grains étant adhérentes sur celles de nerfs, et l'acier se condensant plus vite que le fer, elles ne doivent plus être de même grandeur après la première impression de l'eau ; celle d'acier doit nécessairement occuper moins de superficie que celle du fer, dont le refroidissement ne s'achève qu'après celui de l'acier, tant parce qu'il se condense plus vite que le fer, que parce que, se trouvant à la partie extérieure de la lame, il est condensé le premier : il doit donc résulter de cette différence dans les surfaces, des séparations ou gerçures dans la couche d'acier, et ces gerçures pénètrent d'autant plus dans les lames que la couche d'acier est plus épaisse. Les deux tranches de ces fentes se colo-

rent de la nuance que l'on a fait prendre à la lame en la recuisant, ce qui prouve qu'elles se forment dans l'instant que les lames sont plongées et avant qu'elles aient perdu de leur chaleur.

On peut comparer l'effet de cette alternative du froid et du chaud à ce qui arrive à la faïence, lorsqu'étant très-chaude, on jette de l'eau froide dessus; ou quand, après l'avoir exposée à la gelée, on la trempe dans l'eau bouillante : sa terre et son émail peuvent représenter, l'une le fer, à cause de sa porosité, et l'autre l'acier, en raison de sa densité, puisque, dans les deux suppositions que l'on vient de faire, il arrive que l'émail de la faïence se gerce, et que les gerçures pénètrent entièrement l'assiette si le contraste est très-fort. La conformité qu'il y a dans ce cas entre l'acier et la faïence a fait nommer ces gerçures *faïencées*.

L'acier éclate aussi à la trempe quand il est très-fin, bien homogène, et que son épaisseur n'est pas égale, et c'est toujours la partie la plus mince qui se casse, parce que c'est celle qui se refroidit la première ; aussi le tranchant des outils y est-il sujet, surtout lorsqu'il a été trop condensé par les coups de marteau. Cela n'arrive pas quand l'acier contient des parties nerveuses.

On a déjà dit que le tranchant et le dos d'une lame se fendoient assez souvent à la même trempe, si elle étoit trop chaude et qu'on la trempât brusquement dans une eau très-froide. Le dos, quoique plus épais, y est plus sujet dans ce cas, parce que le tranchant se refroidissant le premier, fait prendre à la lame, en se condensant, la figure d'une faux; le dos, à son tour, se redressant par sa condensation, le tranchant, qui ne peut plus obéir à la retraite, éclate dans les endroits les moins fibreux : aussi remarque-t-on que le dos d'une lame se fend quand on la plonge par le tranchant, et que le contraire arrive si on la trempe par le dos.

Le dos et le tranchant des lames se fendent aussi à la trempe dans les endroits trop condensés par les coups de marteau à la fin de leur refroidissement.

Les trempeurs, pour éviter ces fentes, ont soin de ne pas trop

chauffer les lames, et de passer successivement leur tranchant et leur dos dans de la boue de scories, afin d'éviter le grand contraste : il est rare avec ces précautions, que l'acier se fende à la trempe ; si malgré cette attention de la part du trempeur les lames se gercent, c'est que le forgeur les a battues trop long-temps à froid.

Il y a d'autres gerçures auxquelles les lames sont sujettes et que l'on ne peut attribuer qu'au forgeur ; ce sont celles que les coups de feu trop violens occasionnent en ouvrant trop les pores de l'acier, et en donnant occasion à l'écoulement du laitier nécessaire à la soudure des parties métalliques, qui se séparent au moindre coup de marteau.

## CHAPITRE XIII.

### *Du ressort de l'acier.*

L'ACIER étant composé de fibres très-rapprochées, et ces fibres n'étant séparées que par une très-petite quantité de laitier, on doit supposer que ce laitier, après avoir été en fusion, a été fixé de nouveau par la trempe dans leurs interstices; en sorte qu'elles ne forment plus qu'un corps et ne peuvent plus fournir au ressort. Il faut bien, pour qu'il ait lieu, que les interstices aient moins de capacité que les fibres n'ont de grosseur, afin qu'il ne puisse y avoir d'engrénage pour le dos de leur courbure. Mais ce rapprochement ne doit pas être trop intime, car l'acier se trouveroit dans l'état de celui qui a été trempé et qui n'a pas été recuit; il se casseroit au lieu de fournir au ressort, c'est-à-dire, au rétablissement de la courbure que l'on fait prendre aux lames en les pliant : au lieu que si l'adossement des fibres est relâché par le recuit, elles se trouvent disposées à fournir au ressort. Si l'on poussoit ce recuit trop loin, elles resteroient pliées; car les interstices de l'acier deviendroient trop grands, et l'on détruiroit l'effet de la trempe.

On donne de même du ressort au fer en rapprochant ses fibres à force de le chauffer et de le marteler; c'est de cette façon qu'on fait des lames de scies et de faux avec du fer, ainsi qu'on l'a dit ailleurs : mais ce ressort n'est jamais aussi parfait que celui de l'acier, parce qu'il est dû au seul rapprochement des fibres, au lieu que l'acier tient le sien, non-seulement de ce rapprochement, mais encore du laitier fixé entre les fibres lors de la trempe.

L'acier de cémentation est trop fin et devient trop compact à la trempe pour être propre au ressort, surtout s'il n'est pas beaucoup plus recuit que l'acier naturel; aussi faut-il bien du soin pour en tirer des lames qui résistent aux épreuves que l'on fait essuyer aux autres. Il semble que pour donner de la résistance à ces corps plats et minces il faille une certaine quantité de parties nerveuses parmi celles qui sont d'acier pur ; elles ne doivent cependant pas y être par couches, mais dispersées également dans leur masse totale.

Comme il ne peut exister de parties nerveuses dans l'acier factice qu'autant qu'il n'a pas été complétement cémenté, et que pour-lors elles se trouvent réunies au centre de la barre, où elles forment un noyau qui n'est pas susceptible de la trempe, les lames que l'on en fait ne peuvent pas avoir de ressort; de sorte que si l'acier de cémentation est parfait, il est sujet à se casser quand il est trempé, et s'il n'a pas été exactement pénétré, il reste toujours pliant.

On est cependant parvenu à en fabriquer des lames qui ont fourni un même ressort que celles d'acier naturel; mais il a fallu pour cela lui donner un fort recuit. On peut par conséquent, en étudiant ce recuit, faire de bonnes lames avec cet acier en cas de besoin; mais il y a un inconvénient dans l'emploi de cet acier, auquel il est bien difficile de parer, c'est que les barres de fer se cémentent inégalement: celles qui sont plus près des côtés de la caisse essuyant plus de chaleur que les autres, sont toujours plus cémentées que celles du centre, et il est bien difficile de varier leur recuit en proportion de la qualité de chaque barre; au lieu que celle de l'acier naturel est toujours plus généralement homogène.

## CHAPITRE XIV.

### *Trempe particulière des differens outils.*

La dureté que l'on donne aux outils, en les trempant, dépend de l'usage que l'on en veut faire. Ceux qui sont destinés à couper l'acier, en supposant qu'ils sont eux-mêmes de bon acier, doivent seulement être ternis de la couleur jaune au recuit : on laisse jaunir davantage ceux qui sont destinés à être employés sur du fer ; et enfin on pousse jusqu'à la couleur gorge de pigeon ou bleue, ceux qui sont destinés pour travailler du bois.

Mais on le répète, ce n'est que par l'essai que l'on fait des outils après une première trempe, que l'on peut connoître la couleur qu'il faut donner à l'acier en les recuisant.

Les burins et les petits forets se font avec l'acier le plus fin ; il faut quand on les trempe les faire rougir au premier degré de feu, parce que, comme on l'a déjà dit, l'acier doit être d'autant moins chauffé qu'il est plus fin : si l'on donne ce premier degré de chaleur trop fort, le burin s'égrènera toujours. Burins et forets.

Le recuit d'un burin est marqué par le commencement de la couleur jaune; et lorsque la blancheur de l'acier y prime encore, on le trempe dans le suif à l'instant qu'il a son recuit, et on le refroidit tout de suite dans l'eau de fontaine la plus fraîche. Ce suif adoucit la trempe, en ce qu'ayant moins de fraîcheur que l'eau, il laisse prendre à l'outil plus de recuit que si on le plongeoit dans l'eau au sortir du feu.

Les ouvriers prétendent que le suif donne plus de corps à l'acier, mais le seul effet qu'il opère est de sauver le grand contraste du chaud et du froid.

Comme les burins et les forets sont entièrement d'acier, ils

ne doivent pas être trempés de toute leur longueur; sans cela ils seroient sujets à se casser par les efforts qu'ils éprouvent quelquefois dans le travail. Les burins ont cependant assez de corps pour que l'on puisse donner à la trempe l'étendue que l'on veut, mais il n'en est pas de même des forets dont se servent les horlogers et les autres ouvriers qui travaillent en petit : il faut ne leur laisser que deux ou trois lignes de dureté à la pointe, et recuire le reste après qu'il est trempé. Il seroit difficile de parvenir à chauffer le foret si près de sa pointe sans détremper son extrémité, si l'on n'employoit pas un moyen pour la conserver dure : on enfonce la pointe dans un morceau de plomb, et on recuit le reste au chalumeau.

Marteaux. Le corps des marteaux est de fer, et les bouts sont armés d'acier. On trempe le quarré et la panne l'un après l'autre : on commence par le quarré, parce qu'étant plus épais il faut plus de temps pour l'échauffer; au lieu que le temps nécessaire pour rougir la panne n'est pas suffisant pour détremper le quarré.

Les marteaux se chauffent un peu plus que le premier degré de feu, et on les trempe dans l'eau la plus froide que l'on peut se procurer; on a soin de les y promener pour les sortir des places qu'ils échauffent successivement, jusqu'à ce qu'ils soient refroidis. C'est par cette raison qu'on les trempe dans de grands baquets.

Il y a des ouvriers qui plongent d'abord les marteaux, quand ils sont rouges, dans de la corne rapée; ils les y laissent jusqu'à ce qu'elle soit fondue et qu'elle s'attache à l'outil : ils les font rougir une seconde fois au degré de chaleur convenable avant de les refroidir dans l'eau. [1]

On ne parle ici que des marteaux à main : on trempe ceux des grandes forges, ainsi que leurs enclumes, dans l'eau courante,

1. Si l'on n'a pas de bon acier et que les marteaux soient trop tendres après avoir été trempés, on leur fait essuyer une demi-trempe en paquet, dont on parlera ci-après, Chap. XV, p. 254.

en observant de présenter la surface armée d'acier au courant, afin qu'elle éprouve la plus grande fraîcheur : si elle étoit du côté opposé, l'eau auroit le temps de s'échauffer avant d'arriver à l'acier.

S'il n'y a pas de courant commode pour cette opération à portée de la forge, on peut y suppléer par une grande auge de pierre remplie d'eau. On y plonge la pièce que l'on veut tremper, de façon que sa partie aciérée soit en haut, et l'on verse continuellement de l'eau dessus jusqu'à ce qu'elle soit refroidie. On ne donne point de recuit aux marteaux, par la raison qu'ils s'échauffent assez quand on les emploie.

Les outils qui sont faits pour couper le fer froid, doivent avoir le taillant *camus;* ceux dont on se sert pour le fer chaud, peuvent l'avoir un peu plus allongé : on ne recuit pas les premiers avec autant de précaution que les autres. Les ouvriers sont dans l'usage de se servir de la même chaude pour la trempe et le recuit, parce qu'il est inutile de leur donner un recuit bien exact. On les fait d'abord chauffer à l'ordinaire, de la longueur d'environ un ou deux pouces, selon la grosseur de l'outil; on les plonge ensuite dans l'eau fraîche, de façon qu'il reste hors de l'eau à peu près six lignes de la partie qui est rouge, afin de réserver dans le corps de l'outil la chaleur nécessaire pour son recuit. Mais il ne faut pas en laisser davantage : sans cela l'ouvrier ne seroit pas le maître d'arrêter le recuit au point où il le voudroit; la chaleur seroit trop forte, et la couleur, qui ne doit se communiquer que lentement au tranchant, y arriveroit trop vîte. On refroidit l'outil à l'instant où celle qui lui est nécessaire y parvient. Ciseaux à froid et tranches.

La nuance du recuit qui convient aux ciseaux et aux tranches dépend, comme dans tous les outils, de la qualité de l'acier; celui qui est fin veut être recuit au gros bleu, et l'acier commun se recuit gorge de pigeon.

Les tarauds d'une demi-ligne à quatre lignes de diamètre se Tarauds et filières.

recuisent jusqu'au bleu; et quand ils ont leur nuance on les retire du feu, et on les frotte avec de l'huile d'olive jusqu'à ce qu'ils soient froids.

Toutes les fois que l'on chauffe les tarauds, soit pour les tremper, soit pour les recuire, il faut les présenter au feu par le quarré, en les tenant debout sur la braise, pour pouvoir saisir l'instant où la couleur arrive au tranchant.

Ceux de dix à douze lignes de diamètre, destinés aux grosses filières qui n'ont qu'un taraud pour chaque trou, doivent être un peu plus recuits, parce qu'ils ont besoin de plus de résistance que ceux des filières qui ont pour le même trou plusieurs tarauds qui ne diffèrent entre eux que de quelques points de diamètre, par la raison que ceux-ci ne forment les filières que successivement; ils ont chacun peu d'épaisseur de fer à couper, et sont par conséquent moins sujets à se casser que ceux qui forment l'écrou au premier taraudage.

On les recuit en les frottant de graisse ou d'huile, et en les laissant sur le feu jusqu'à ce que l'huile commence à flamber. Si l'acier est fin, on les graisse une seconde fois, et on les réchauffe comme la première, en observant de les plonger dans l'eau à l'instant que la flamme paroît.

Outils en bois. On ne leur donne que le premier degré de chaleur, et on les refroidit à l'ordinaire. Il y a des ouvriers qui mettent une couche de suif sur la surface de l'eau dans laquelle ils trempent les outils en bois, larges et minces, et qui plongent l'outil dans l'eau à travers ce suif pour empêcher qu'il ne se tourmente. Cette graisse ne peut être utile que pour adoucir la trempe et tempérer le contraste.

Les outils faits avec l'acier le plus fin veulent être recuits bleu un peu clair, c'est-à-dire, qu'il faut laisser passer le gros bleu avant de les refroidir.

Ceux dont le tranchant est épais, et dont on se sert pour hacher, doivent être recuits au gros bleu, ainsi que les outils

minces qui ne sont pas dans le cas de s'égrener par la percussion, comme les fers de rabots; mais les autres outils minces ne doivent être poussés que jusqu'au bleu clair ou couleur d'eau.[1]

Tarières.

Les tarières veulent être ménagées à la trempe, car elles s'y tourmentent ordinairement : il faut avoir attention de ne pas dépasser le premier degré de rouge en les trempant, et les recuire deux fois à la graisse flambée. La meilleure méthode est de les rougir de neuf lignes de longueur, et de ne les tremper que de six lignes. On les enduit après cela de graisse ou d'huile avant que l'outil ne soit refroidi. La chaleur qu'il a conservée en-dessus de la partie trempée, fait d'abord fumer la graisse, qui gagne insensiblement le bout de l'outil avec la chaleur, et finit par se sécher. Il faut arrêter le recuit avant qu'elle ne soit arrivée à l'extrémité du taillant; on l'arrête même en chemin, si l'outil doit avoir plus de dureté qu'à l'ordinaire.

On se sert de la même méthode pour tremper les outils tranchans, avec la différence cependant que, comme ces outils doivent avoir moins de dureté que ceux qui sont destinés à couper le fer et le cuivre, on laisse sécher la graisse tout-à-fait, parce qu'alors l'outil est recuit au bleu.

Outils à terre.

On recuit les outils à terre au bleu.

Outils à pierre.

Les outils à pierre et les ciseaux à froid, ainsi que les tranches, se recuisent jaune foncé ou couleur d'or.

Couteaux et forets qui servent à tourner et à forer les canons.

Les couteaux et forets qui servent à tourner et à forer les canons, sont recuits petit jaune, et s'ils ne sont pas assez durs, on les trempe en paquet, comme on le dira ci-après.

Ressorts de voiture

On recuit les ressorts de voiture à l'huile que l'on fait flamber deux fois pour passer le gros bleu. Il faut que la lame soit éga-

1. Les outils en bois, pour être bons, doivent un peu s'égrener la première fois qu'on s'en sert, parce qu'ils s'adoucissent ensuite à la meule; et si après avoir été émoulus deux fois ils se conservent bons, on peut être assuré qu'ils dureront long-temps: s'ils continuent à s'égrener, il faut nécessairement les recuire.

lement rouge dans toute sa longueur, et s'il y a une partie du ressort plus épaisse, on fait flamber l'huile une troisième fois sur cette partie.

La graisse desséchée empêchant la couleur de paroître, les ouvriers, pour connoître si un ressort est assez recuit, passent un morceau de bois sur un de ses angles ; s'il s'en détache des étincelles, ils concluent que la chaleur est assez forte et ils le refroidissent.

Ressorts de montre.

Il faut, en faisant des ressorts de montre, les battre également des deux côtés ; sans cela ils se tourmentent à la trempe, et ils se cassent souvent quand on veut les redresser : on les égalise et on les finit à la lime. On les trempe dans le suif fondu, et tout de suite après dans l'huile. On les recuit d'abord au bleu clair, pour leur donner leur ressort, et une seconde fois pour les tourner et les placer dans le barillet.

Les pièces de platine de fusils.

Pour connoître le degré du recuit de certaines pièces de la platine, on les chauffe jusqu'à ce que le tuyau d'une plume que l'on pose dessus grésille, ce qui annonce le premier jaune.

Observation.

Les outils peuvent être mauvais par plusieurs défauts.

1.° L'acier peut avoir été trop chauffé ; on le connoît aux gerçures dentelées ou déchiremens qui se forment à sa surface, surtout après le poli : elles ne sont pas ordinairement profondes ; ce sont les coups de marteau qui les occasionnent quand l'acier est trop chaud.

2.° Quand un outil a été trop chauffé à la trempe et que l'on s'est servi d'eau trop fraîche, il en résulte des gerçures quelquefois profondes : on les distingue des précédentes en ce qu'elles ne sont pas déchirées ; elles sont très-dangereuses. Il y a aussi des gerçures nommées faïencées : ces gerçures ne sont pas comme celles de l'acier brûlé ; elles ne sont pas dentelées et se dirigent en différens sens. On a déjà dit qu'il y avoit de ces gerçures qui pénétroient souvent une partie de l'épaisseur des outils et les traversoient même quelquefois. La cassure de ces gerçures se distin-

gue encore de celles de l'acier brûlé, en ce qu'elles ne sont pas noires, mais de la couleur du recuit que l'on a donné à l'acier. Ces désunions, quand elles sont intérieures, ne se montrent pas à la surface de l'outil, comme dans l'acier à la rose, dont on parlera ci-après; mais il s'égrène au moindre effort. S'il n'y a que le taillant qui ait ce défaut, il n'y a qu'à le recuire sur la meule en l'aiguisant à sec, ou le faire revenir au feu.

3.° Un outil peut avoir été trop recuit; en ce cas il est nécessaire, avant de le tremper, de le repasser au feu et de le battre pour rapprocher ses fibres, mais à petits coups pour ne pas le déformer.

Cela arrive ordinairement quand les outils sont minces, et que l'ouvrier a craint de les tremper trop durs, de peur qu'ils ne se cassent dans l'eau à la trempe.

4.° Un outil pèche quelquefois pour n'avoir pas été assez recuit, et s'égrène par gros morceaux : dans ce cas il faut chercher à le ramollir en l'échauffant sur la meule à sec; mais ceux qui s'égrènent légèrement ont les meilleurs taillans, ainsi qu'on l'a déjà observé.

Si la meule ne suffit pas pour leur donner un recuit assez fort, on les fera revenir à une couleur plus foncée que la première, et on les laissera refroidir sans les tremper dans l'eau.

5.° Quand l'acier d'un outil est de mauvaise qualité, il n'y a point de remède; on ne peut en faire usage qu'en l'aiguisant souvent.

Enfin, un grand défaut dans les outils, c'est de manquer d'acier; et il est d'autant plus grave qu'il n'y a pas de moyen de s'en bien assurer, si un ouvrier adroit a eu soin de le bien étendre sur l'outil; car il peut, par cette friponnerie, en faire paroître beaucoup, quoiqu'il n'en ait mis qu'une couche très-mince.

On fait les limes en acier, ou en fer trempé en paquet. Celles d'acier reviennent à meilleur marché par l'usage qu'elles font, pourvu que l'on ait des barres au-dessus du calibre des limes, Des limes.

afin de n'être pas obligé de les doubler pour leur donner la grosseur convenable. Lorsque les limes sont usées, il n'y a qu'à en effacer les traits avec la meule, après les avoir détrempées en les faisant un peu rougir : on peut ensuite les tailler à neuf et les tremper.

Le fer des limes que l'on trempe en paquets doit être d'un grain de moyenne grosseur ; le plus gros, le plus fin et celui qui est nerveux, ne sont pas si bons : le gros s'égrène, le fin est trop dur à tailler, et le nerveux ne conserve pas long-temps sa dureté et sa taille.

La taille des limes ne doit être ni trop large ni trop couchée. La taille trop grosse et trop hérissée ne reste pas long-temps vive, et le tranchant, que les ouvriers nomment la *fleur*, étant une fois emporté, la lime n'est plus couverte que de fortes inégalités qui ne peuvent plus mordre. La finesse de la taille doit en même temps être proportionnée à sa grosseur.

Il faut que la trempe des limes les rende plus dures que les corps qu'elles doivent user : celles qui sont destinées à limer l'acier ne sont recuites que petit jaune, et celles qui sont pour le fer se recuisent davantage. Ce n'est que d'après l'épreuve de la première lime que l'on peut juger de la dureté qu'on doit donner aux autres. Si une lime s'égrène à l'épreuve, on l'enduit avec de l'huile que l'on fait fumer sur le feu une ou deux fois, selon le besoin.

Les limes ne devroient pas être recuites, vu l'usage auquel elles sont destinées ; il faudroit même leur laisser toute la dureté possible : mais comme elles sont sujettes à se casser, on est forcé de leur donner un recuit doux à l'huile.

Pièces auxquelles on doit laisser toute leur trempe.

Les coins de monnoie, les cylindres des laminoirs, les étampes, certains mandrins, les enclumes, les marteaux, ne doivent pas être recuits, ainsi que les fusils à aiguiser les couteaux, les brunissoirs, etc. Ces derniers, étant sujets à se fendre, se trempent au suif : on y trempe aussi les fraises, les grattoirs, les coussinets de filières, de même que les outils à biseaux courts. En



général il ne faudroit donner aucun recuit aux outils qui ne sont pas sujets à s'ébrécher ni à s'égrener.

Les briquets se trempent dans de l'urine mêlée d'eau.

Les batteries de fusil, quand elles sont trop dures, ne produisent pas autant de bluettes que lorsqu'elles ont été recuites couleur d'or. Leur trop grande dureté vient de ce que les fibres sont trop adhérentes les unes aux autres, en sorte qu'il se détache une moins grande quantité de bluettes, qui ne sont qu'une portion de ces fibres.

Résumé sur le recuit.

La couleur jaune paille convient à tous les tranchans forts, aux outils dont on se sert pour tourner l'acier et le fer, à ceux que l'on emploie pour ciseler les métaux, le marbre, etc., et enfin aux rasoirs d'acier fondu.

La couleur d'or convient aux burins, poinçons, tarauds, aux outils de chirurgie, aux ciseaux et aux outils en bois.

La couleur violette ou gorge de pigeon est pour les couteaux, les outils des tailleurs de pierre et ceux d'agriculture.

Le bleu pour tous les ressorts, les lames de sabres et autres armes blanches.

La couleur d'eau, ce bleu clair qui succède au gros bleu, convient aux ressorts de voiture faits de pur acier; ceux qui sont d'étoffe, c'est-à-dire, de fer et d'acier, se recuisent au bleu, ainsi que les fleurets.

On répète qu'il est essentiel que le recuit des ressorts soit égal dans toute leur longueur; sans cela ils se cassent aux endroits qui ont été trop chauffés.

Les petites pièces de coutellerie sont recuites sur un gril de fil de fer, que l'on place sur de la petite braise après les avoir blanchies avec du grès ou de la pierre ponce. Les autres outils sont chauffés au feu de forge, à deux pouces au-dessous de l'acier.

Recuit particulier.

Les outils grossiers sont chauffés entièrement : on les trempe de trois ou quatre pouces de longueur, surtout quand ils sont

épais; on les retire tout de suite de l'eau, et on les laisse recuire par la chaleur qu'ils ont conservée de la trempe.

Recuit anglois. Les Anglois, pour mieux fixer le recuit, chauffent les outils longs, comme ciseaux, gouges, etc., du côté de la tête, et laissent arriver à la pointe ou au tranchant la couleur qu'ils veulent donner à l'acier.

Second Recuit. Si un premier recuit ne réussit pas, et que l'outil n'ait pas assez de dureté, on peut le réchauffer de nouveau et le recuire, après l'avoir trempé à l'ordinaire et au même degré de chaleur.

Observation du frottement sur la meule. La chaleur que l'outil prend quand on l'aiguise sur la meule, est capable de lui donner du recuit : ainsi il faut avoir grande attention, si l'outil a le degré de dureté convenable, de ne jamais lui laisser prendre la couleur bleue; car on le détremperoit, et son tranchant deviendroit mou jusqu'à ce qu'un nouvel aiguisage eût emporté la partie détrempée.

Des outils en bois. Il est essentiel que les outils en bois ne soient pas trop minces, pour n'être pas sujets à s'égrener en coupant des nœuds ou dans du bois debout et sec : la hache, par exemple, ne résiste guères en hiver en coupant des arbres gelés.

Il faut ménager les outils neufs, car le taillant est toujours âpre et sans corps; ce qui provient souvent du frottement de la meule, si l'on n'a pas eu la précaution d'emporter le morfil du tranchant avec une petite pierre à aiguiser, ou de passer les outils à sec légérement sur la meule, sans qu'ils parviennent au jaune. S'ils s'égrènent la première fois qu'on s'en sert, il faut les jaunir par un second recuit au feu.

Acier propre aux outils en bois. Les aciers de Styrie, du Tyrol et de Pressand, sont les meilleurs connus en Alsace pour faire un taillant vif et durable.

Ceux de Bendorf, de Siegen, et ceux qu'on emploie à Solingen, sont moins cassans; mais le tranchant des outils qui en sont armés est paresseux et sujet à être aiguisé souvent, quelque dureté qu'on leur laisse au recuit. Les aciers suisses, françois et de Darmstadt sont encore plus mauvais.

L'acier augmente de volume à la trempe, parce que le refroidissement subit qu'il éprouve le fixe dans l'état de dilatation que la cbaleur lui fait prendre. Augmentation de volume de l'acier après la trempe.

Le damas qui vient de Turquie, est encore un secret que l'on a vainement tenté de découvrir; il a fallu se restreindre à en tirer de ce pays-là. C'est un acier que l'on ne peut souder ni avec le fer ni avec notre acier, et qui exige beaucoup de ménagement quand on le travaille; il ne peut servir que pour la coutellerie. Quand on l'emploie seul, il faut l'écrouir avec des marteaux qui ne pèsent au plus que sept à huit onces; et pour en faire une lame qui résiste, il faut l'étirer entre deux lames de fer de quatre lignes d'épaisseur, si le damas en a cinq: pour souder cet ensemble, on le couvre de deux lignes de terre argileuse, et on emporte ensuite le fer à la lime et à la meule. Du damas.

## CHAPITRE XV.

### *Trempe en paquet.*

La trempe en paquet est un commencement de cémentation pour donner au fer la dureté de l'acier, et augmenter celle de l'acier quand la trempe ordinaire ne suffit pas pour le durcir; mais cette trempe ne pénètre que jusqu'à une certaine distance de la surface, excepté les pièces qui ont peu d'épaisseur.

On trempoit en paquet avant de connoître l'art de faire de l'acier factice. L'effet de cette trempe a conduit à la découverte de la conversion du fer en acier. C'est d'après ce principe que Réaumur a fait tant de recherches pour y parvenir.

Les ouvriers se servent de différens mélanges avec lesquels ils chauffent le fer dans des boîtes de tôle forte, qu'on nomme paquets, dont la grandeur est proportionnée à celle des pièces qu'ils ont à cémenter. Les caisses doivent être plus larges que hautes, afin que la chaleur puisse bien pénétrer.

Quant au cément, chaque ouvrier a sa composition, et elles agissent toutes plus ou moins parfaitement, parce qu'elles ont toutes la même base, la *suie.*

Après beaucoup d'expériences faites avec des mélanges des différentes matières qu'on y emploie, on a reconnu que le sel abrégeoit le temps de la conversion, mais qu'il rendoit l'acier trop cassant; que l'urine et le vinaigre dont les ouvriers humectent la suie, ainsi que l'ail ou les oignons dont ils frottent les pièces, étoient indifférens à la bonté de la trempe; que la suie de cheminée seule et sans être humectée suffisoit, et qu'elle étoit plus pénétrante que le charbon végétal; que la suie mêlée avec de la corne rapée étoit aussi bonne; qu'en humectant ce mélange

avec de l'urine, on ne le rendoit pas plus actif ni plus pénétrant; et enfin que la corne seule rapée étoit également bonne.

Ayant d'abord imaginé qu'en employant du charbon végétal pilé, comme dans la cémentation de l'acier factice, on pourroit se passer de la suie, on s'est convaincu que le charbon opère très-lentement, et qu'il devoit être exclu d'une opération qui ne dure que sept à huit heures.

La suie semble agir plus efficacement que le charbon, parce qu'elle s'agglutine et forme une croûte autour du fer, en empêche la destruction, et par son onctuosité opère l'entière réduction des parties métalliques qui n'étoient pas bien converties. La suie est donc la matière la plus propre à faire les trempes en paquets, et le charbon celle qui doit être préférée pour la conversion totale du fer en acier.

Un bon artiste connu compose son cément avec un tiers de poussier de charbon de hêtre ou de chêne, un tiers de suie de cheminée, en préférant celle de cuisine, et un tiers de rognures de cuir des cordonniers : le tout brûlé à l'air et étouffé, mais sans être humecté. Recette de Perret.

La trempe en paquet est surtout très-bonne à employer pour durcir les limes : on l'emploie aussi pour les scies à canons, pour les tarauds qui servent à mettre des grains aux bouches à feu, pour toutes les pièces de la platine du fusil qui doivent être trempées, et enfin pour une infinité d'autres outils en usage dans tous les métiers et qu'il suffit de durcir de six à neuf points d'épaisseur. [1]

On met, ainsi qu'on l'a dit, les pièces qu'on veut cémenter dans une caisse proportionnée à leur grandeur, de façon qu'il reste un pouce de vide autour des pièces. En construisant la caisse ou paquet, on laisse son dessus ouvert, et on pratique à un de ses bouts un trou d'environ un pouce quarré.

1. Une lame d'une ligne d'épaisseur est pénétrée dans une heure.

On enduit la caisse extérieurement avec une couche d'argile pétrie avec de la bourre et de la fiente de cheval; elle doit être d'environ six lignes d'épaisseur. Cette brasque doit être séchée à l'ombre et à l'air jusqu'à ce qu'il ne s'y fasse pas de crevasses, en prenant soin de reboucher celles qui s'y forment pendant qu'elle sèche : les ouvriers pressés la font sécher à un petit feu.

Charge du paquet.

Quand on charge la caisse, on met d'abord dans le fond un lit de cément d'environ un pouce d'épaisseur, sur lequel on arrange les pièces sans les laisser se toucher, et sur les pièces un lit de cément, en stratifiant ainsi les pièces et le cément jusqu'à un pouce du bord de la caisse, qu'on achève de remplir de cément. On couvre cette dernière couche avec un linge mouillé sur lequel on met le couvercle de tôle, que l'on enduit d'une couche de la même argile d'environ six lignes d'épaisseur : le linge sert à empêcher l'argile de communiquer avec le cément. On doit avoir soin de bien luter avec cette terre toutes les fentes qu'il pourroit y avoir autour de la caisse.

On met un tuyau de fer dans le trou qu'on a laissé dans un des bouts de la caisse : on y introduit un barreau de six lignes de largeur et de quatre à cinq lignes d'épaisseur, qui se nomme le *témoin*, et qui sert effectivement à faire connoître l'état de la cémentation. Comme la suie forme une pâte épaisse et ténace, on auroit de la peine à retirer le témoin si l'on ne plioit pas en crochet son bout extérieur. L'ouverture qui reste autour du témoin se ferme avec de la tôle dont les bords sont lutés par de l'argile.

Quand la caisse est grande, on la renforce en dessous avec des équerres de fer. Dans les grands établissemens, comme les fonderies, les arsenaux, on a des fourneaux destinés aux trempes en paquet; mais les ouvriers en construisent dont la capacité est proportionnée à la caisse qu'ils veulent y mettre. Ils la font poser sur trois barres de fer soutenues avec des briques à six pouces de terre.

Ils pratiquent à six pouces de distance, tout autour de la caisse, un mur de briques arrangées les unes sur les autres, écartées de deux pouces par leurs bouts, et de façon que celles de la deuxième couche recouvrent les intervalles de celles de la première, afin qu'il y ait des jours pour le passage de l'air. On réserve aussi dans les deux grands côtés de ce mur deux ouvertures pour entretenir le feu, et pour pouvoir remettre de la terre argileuse autour de la caisse, s'il s'en détache de la brasque.

Il faut environ une heure et demie pour cémenter un paquet de six pouces de largeur et trois pouces de hauteur; il en faut quatre à cinq pour des paquets un peu plus forts, en supposant que le feu aille bien; ceux de moyenne grandeur exigent jusqu'à sept heures, et les plus gros huit à neuf. Mais ces règles ne sont que générales : le témoin est le seul guide qu'il faille consulter; il doit être d'un rouge jaune et clair pour que le paquet soit prêt à tremper. On peut retirer et remettre le témoin dans la caisse autant de fois que l'on veut, pour connoître le degré de chaleur des pièces qui sont en cémentation.

Le paquet étant chaud au degré convenable, on le retire du feu, et s'il est petit on le jette tout entier dans une cuve d'eau fraîche placée auprès du fourneau, parce que les pièces se refroidiroient avant d'être trempées si on les retiroit en détail; mais si le paquet contient de grosses pièces et qu'il soit trop pesant, on le déchire avec des crochets, et l'on trempe les pièces l'une après l'autre, ayant soin de les promener dans l'eau, afin qu'elles soient plus tôt refroidies.

Les outils plats et longs, comme les scies de fonderie, se plongent dans l'eau par leur tranchant et bien verticalement, afin qu'elles ne se voilent pas; on se sert pour cela de tenailles plates qui les saisissent aux deux bouts et qui les contiennent sur toute leur largeur.

La lime, si elle est bonne, sert à faire connoître la dureté de la trempe de chaque pièce; et si elles sont trop dures, on les

recuit sur de la braise, après les avoir frottées d'huile jusqu'à ce qu'elles ne fument plus. On juge, en essayant la première pièce, du degré de recuit que l'on doit donner aux autres.

Les limes s'éprouvent sur du fer: si elles s'égrènent, on les recuit de même; si au contraire elles s'émoussent, on les cémente une seconde fois.

Il y a des pièces, dans la platine de fusil, par exemple, dont on ne veut recuire que les parties qui sont sujettes à se casser, comme le talon et l'œil de la batterie; on se sert pour cela d'une tenaille rouge, afin de ne ramollir que la partie qui en a besoin.

## *Demi-trempe en paquet.*

Quand les gros marteaux de forges et de maréchaux, les forets à canon, ou autres gros outils, n'ont pas été assez durcis à la trempe ordinaire, on les trempe en paquet; mais s'il ne leur manque qu'un peu de dureté, on fait un mélange de suie, de corne rapée et de sel, que l'on met dans une petite caisse de tôle: on fait chauffer l'outil rouge cerise, et on appuie la partie aciérée sur le mélange, jusqu'à ce qu'il s'en soit formé une couche épaisse contre l'outil; on le remet alors au feu, on le laisse devenir rouge blanc et on le trempe. Le sel que l'on met dans ce cément lui donne de l'activité.

## CHAPITRE XVI.

### *Dilatation de l'acier comparée à celle du fer.*

Muschenbroeck a trouvé à son pyromètre que la dilatation de l'acier étoit à celle du fer comme 191 est à 156. Épreuve sur l'allongement.

Quelque confiance que mérite cet auteur, j'ai voulu m'assurer de cette propriété de l'acier, d'autant mieux qu'elle est le principe de plusieurs effets de la trempe sur les lames. Expérience.

On a fait forger et limer dix petites lames d'acier et dix de fer parfaitement égales; elles avoient six pouces de longueur, une ligne d'épaisseur, et une largeur de six, sept, huit, douze et dix-huit lignes. On a exposé alternativement au pyromètre celles d'acier et de fer de la même largeur, et il en est résulté que celles d'acier de dix-huit lignes de largeur se sont allongées de deux points, celles de douze lignes un peu moins, et les autres d'un point seulement; tandis que celles de fer se sont raccourcies d'une longueur à peu près égale à l'augmentation des autres.

On a fait deux lames, l'une de fer, l'autre d'acier, parfaitement égales; on les a soudées l'une sur l'autre, après avoir pris la précaution de chauffer d'abord celle de fer, l'acier étant plus tôt prêt à souder que le fer : toute l'opération a été faite avec soin. Cette lame mixte a été battue également de chaque côté, et on l'a trempée à l'ordinaire. La lame s'est courbée du côté du fer : ce qui confirme de nouveau que l'acier se dilate plus que le fer, ainsi qu'on l'a observé ci-devant. Épreuve sur la courbure.

## CHAPITRE XVII.

### *Emploi de l'acier.*

TOUS les procédés détaillés dans le travail du fer conviennent à celui de l'acier, et il est inutile de les répéter : il y a cependant quelques précautions à y ajouter; par exemple, l'acier exigeant plus de ménagement au feu que le fer, il faut le traiter de préférence au charbon végétal, celui de pierre étant souvent sulfureux et toujours plus ardent que celui de bois. Leur mélange, quoique plus actif, peut aussi être employé sans inconvénient, mais après avoir fait flamber le charbon de pierre, ainsi qu'on l'a dit ailleurs.

Une des principales attentions qu'il faut avoir en travaillant l'acier, consiste à le ménager en l'étirant ; à cesser de le battre quand il commence à se refroidir, et à le remettre au feu au moment où on le sent durcir sous le marteau, en considérant que plus l'acier est fin, plus il est dur, parce qu'il est plus dense.

Si un acier naturel se gerce quand on le travaille sans trop le chauffer, c'est preuve qu'il manque de laitier, et il faut s'attendre qu'il sera très-difficile à souder. Il est cependant rare que l'acier naturel ait ce défaut, à moins qu'il n'ait été mal traité à l'affinage : l'acier factice au contraire y est très-sujet ; on ne doit s'occuper en le traitant qu'à lui conserver son peu de laitier.

L'acier est plus facile à souder avec l'acier qu'avec le fer, par la raison que le fer est plus long à chauffer.

De la soudure de l'acier.

On a dit, en parlant du fer, qu'il se soudoit d'autant plus difficilement qu'il contenoit moins de laitier, et cependant l'acier, qui en contient encore moins, se soude plus facilement; ce qui semble impliquer contradiction : mais il faut observer que les

fibres de l'acier étant plus fines et plus rapprochées que celles du fer, elles ont besoin d'une moindre quantité de laitier pour se réunir. Effectivement, outre qu'elles sont plus tôt pénétrées par la chaleur à cause de leur ténuité, elles présentent aussi, en proportion de leur volume, plus de surface au laitier environnant que les fibres plus grosses du fer, et par conséquent il faut pour les échauffer au méme degré moins de laitier en fusion. Il en est comme de deux fils de fer de différente grosseur que l'on présente à la flamme; le plus fin devient rouge blanc, pendant que le gros est encore rouge foncé.

Si un acier a de la peine à se souder, les ouvriers suppléent au défaut de laitier, ainsi qu'on l'a dit à l'article du fer, en le chauffant prét à souder et en le trempant dans l'eau. Leur premier objet est de bien ramollir les parties métalliques pour les disposer à se réunir par une légère pression, et l'autre, de refroidir la surface pendant que le laitier est en fusion pour l'empêcher de s'écouler : ils donnent ainsi à l'intérieur le temps de se mettre en pâte. Si l'acier continue à se refuser à la soudure et qu'il se brise sous le marteau, ils répètent plusieurs fois cette opération.

Les coups de marteau que l'on donne sur l'acier pour le souder doivent être accélérés et moins forts que sur le fer, toujours par la raison qu'il contient moins de laitier que celui-ci, et que dans le moment où le laitier est en pleine fusion, il pourroit s'écouler en pure perte pour la soudure. D'ailleurs, si l'on battoit trop lentement, les derniers endroits frappés seroient refroidis et ne pourroient pas se bien souder; car de même que l'acier s'échauffe plus vite que le fer, il se refroidit aussi plus tôt. Si les coups étoient trop forts, et surtout si l'on n'avoit pas l'attention de resserrer la barre ou lame sur son épaisseur, à mesure qu'elle prend de l'extension, il se formeroit des déchiremens dans sa largeur et à ses angles.

Il est également essentiel, quand l'acier est soudé, de ne pas le battre trop long-temps à froid ni à trop grands coups : sans

cette précaution il se gerce et éclate aussi à la trempe dans les parties qui ont été trop condensées.

On fait une espèce d'acier en battant le fer à mesure qu'il se refroidit, surtout si on le mouille à mesure qu'on le bat : c'est ainsi que l'on fait les grandes scies, comme on l'a dit ailleurs.

Précautions pour souder.

Il faut, quand on soude, entretenir le feu débarrassé des scories, enlever souvent le mâche-fer, et surtout conserver la tuyère libre.

Les deux surfaces que l'on veut souder doivent être également chaudes. Il faut secouer les deux barres, afin qu'il ne reste pas de scories entre deux; sans cela il s'y forme des désunions nommées loupes ou loups : ces endroits sont d'un rouge plus foncé que le reste. On peut faciliter l'écoulement de ces scories en perçant la loupe avec un poinçon pendant que la barre est encore chaude.

Il faut ne pas surchauffer l'acier, lui donner le moins qu'il est possible des chaudes suantes, et avoir soin qu'il ne tombe pas entre les deux barres qu'on veut souder des morceaux de charbon de pierre froids (si on en fait usage); car ce charbon, surtout s'il est sulfureux, entraîne la dissolution de l'acier.

Emploi de l'acier aux outils.

Il ne faut employer aux outils, en général, que de l'acier naturel, surtout pour les outils à terre et tranchans, et pour ceux qui ont besoin de ressort.

Pour faire un bon taillant, il faut doubler l'acier en trois ou quatre plis, observant qu'il n'y ait ni scories ni pailles entre deux; leur donner ensuite une chaude soudante et les réunir à coups de marteau très-accélérés : les chaudes trop douces ne ramollissant pas assez l'intérieur de la masse, la soudure des lames est souvent manquée; et les scories qui se forment à la surface de celles qui ne sont pas soudées, occasionnent des loups qui souvent ne se découvrent qu'à la trempe, et l'outil se trouve manqué sans ressource.

Il est inutile de doubler une barre d'acier que l'on veut em-

ployer à un outil, si elle a été raffinée à deux ou trois marques et si elle est assez grosse pour fournir à l'armement de l'outil ; mais si elle a été mal soudée au raffinage, elle ne se soudera plus, parce que les surfaces de sa désunion sont scorifiées et s'opposent toujours à la soudure. Il faut, pour en tirer parti, ouvrir avec une tranche les deux parties séparées et les replier de nouveau l'une sur l'autre pour les corroyer, ces désunions ne prenant sans cela jamais de dureté à la trempe.

Les ouvriers peu instruits emploient l'acier entre deux fers, dans la vue de ne pas le brûler ; et cependant il y est plus sujet de cette façon, parce que, comme il s'échauffe plus tôt que le fer, il coule hors du tranchant avant que les deux surfaces qui le contiennent soient chaudes au degré de soudure. Ils emploient bien le seul moyen qu'ils ont pour l'en empêcher, ils le font rentrer à sa place à coups de marteau ; mais ils mettent ses fibres en désordre et mêlent le fer avec l'acier, qui perd par là la finesse de son tranchant : d'ailleurs il s'appauvrit de laitier à ce violent degré de chaleur, et devient plus sujet à se gercer à la trempe.

Si l'ouvrier, craignant de brûler son acier, n'attend pas que le fer de l'outil soit chaud, et se presse de le battre, il manque sa soudure et le taillant de l'outil ne vaut rien. Il y a cependant des outils où il faut mettre l'acier entre deux fers, tels que le pic à roc et la serpe ; pour-lors on fait rougir le fer avant d'y loger l'acier, et on lui donne plus d'épaisseur qu'aux lèvres du fer qui forment son enveloppe.

Construction des outils.

Le corps d'un outil étant de fer, il faut observer dans sa construction de placer l'acier du côté de son frottement.

Pic à roc.

Pour former la pointe du pic à roc, on fend à chaud le bout de l'outil, on en écarte les lèvres, et on loge entre elles un coin d'acier par son tranchant, en observant qu'il soit plus épais à la tête que les lèvres du fer : ce coin ne doit avoir que la largeur des lèvres.

Serpe. On fend de même l'épaisseur du fer de la serpe, et on y loge un coin d'acier qui est de la longueur de la lame de fer qui doit former le corps de la serpe; le coin se place comme au pic à roc : la raison en est que le premier de ces deux outils doit agir par sa pointe, et que l'autre est trop long et trop mince pour pouvoir contenir son acier autrement.

Un outil dont l'acier est ainsi placé entre avec moins de facilité que celui où le fer est enveloppé par l'acier ; celui-ci prend mieux le poli à la meule et éprouve moins de frottement que l'autre : la serpe a ce défaut; mais sa construction l'exige.

Dans toute espèce de hache, et généralement dans les outils tranchans qui frottent par les deux faces, il faut mettre l'acier en douille, c'est-à-dire, le former en coin sur les deux bords de sa longueur et le plier en figure de gaufre. L'acier doit être disposé de même pour les outils à biseau.

Dans tous les gros outils à terre qui sont pointus, on le met en coin, et dans ceux qui sont plats comme le hoyau, on l'applique sur le côté extérieur de l'outil, parce que c'est la face qui frotte essentiellement quand on travaille; d'ailleurs on est plus assuré de ce qui en est resté dans l'outil.

NB. L'ouvrier qui veut faire un bon outil doit ne perdre jamais l'acier de vue pendant qu'il soude, afin de mieux régler le degré de feu qu'il veut lui donner. Il y en a qui, dans la vue d'empêcher l'acier de se brûler, couvrent le tranchant de l'outil avec de la terre argileuse avant de le mettre au feu : cette méthode ne vaut rien, parce que, ne pouvant pas distinguer le vrai degré de chaleur au travers de la terre et n'osant pas retourner l'outil dans le feu pour ne pas le faire tomber, ils ne peuvent que chauffer inégalement.

Petits outils. Quant aux petits outils, comme ciseaux, gouges et autres de cette espèce, l'acier dont ils doivent être armés se soude au bout d'un barreau de fer de la grosseur qu'on veut donner à l'outil; et celui d'acier qui le prolonge doit avoir une certaine longueur

pour pouvoir fournir à plusieurs réparations de l'outil à mesure qu'il s'use.

Il faut en général, quand on veut souder de l'acier à du fer, commencer par rougir le fer, pour lui faire prendre de l'avance sur l'acier qui s'échauffe plus vite. Il faut aussi, en soudant, battre à petits coups précipités, et faire rentrer toutes les petites saillies qui se forment tant dans le fer que dans l'acier, afin de conserver la forme que doit avoir l'outil. La soudure étant faite après une ou deux chaudes, on lui en donne une suante et on ne le chauffe plus ensuite qu'au rouge blanc, afin que le taillant soit bon et ne devienne pas cassant. Il ne faut pas non plus chauffer trop souvent après la soudure, ni battre l'outil quand il a perdu le rouge foncé : mais la dernière chaude qu'on lui donne pour le disposer à la trempe, ne doit être continuée que jusqu'à ce que le rouge ait disparu; sans cela on comprimeroit trop l'acier, et l'outil seroit sujet à se voiler à la trempe et à éclater.

Le taillant prêt à être trempé doit avoir au moins, dans les gros outils, comme coignées, haches, etc., une ligne de plus qu'après l'aiguisage, afin de mieux résister à la courbure que l'impression de l'eau peut lui faire prendre quand on le trempe.

## CHAPITRE XVIII.

### *Acier factice ou de cémentation.*

L'ACIER contenant plus de parties métalliques que le fer, l'art de faire l'acier factice doit consister à rassembler dans un même volume plus de ces parties que le fer n'en contient : ce qui ne peut avoir lieu qu'en les rapprochant davantage. Il faut pour cela débarrasser les parties métalliques du corps intermédiaire qui y met obstacle, c'est-à-dire, chauffer le fer assez violemment pour donner lieu à l'évacuation de son laitier surabondant, et empêcher en même temps que sa surface ne se dégrade au feu nu. Il est par conséquent nécessaire, pendant qu'on le chauffe, de le tenir enveloppé d'une matière qui l'en garantisse et qui conserve elle-même sa consistance jusqu'à la fin de l'opération; cette matière est la poudre de charbon.

Il est reconnu, et je l'ai éprouvé, que le charbon de hêtre est celui que l'on doit préférer pour la cémentation. On peut bien lui donner de l'activité en y mêlant du sel marin, et gagner par-là un quart du temps de la cémentation ; mais ce mélange rend l'acier beaucoup moins traitable que le charbon pur. L'acide du sel ouvre sans doute les pores du fer, accélère trop l'écoulement du laitier et en appauvrit l'acier. Ses grains sont effectivement plus ternes que ceux de l'acier cémenté au charbon de bois seul, et l'on a bien de la difficulté à l'étirer sans le rompre ou le gercer.

La bonté de l'acier factice dépend essentiellement de la qualité du fer que l'on y emploie. On peut bien faire de l'acier factice, comme de l'acier naturel, avec toutes sortes de fer ; mais ils ne sont pas tous aussi bons et également traitables lorsqu'ils sont convertis.

Les Anglois, qui nous ont appris à convertir en grand le fer

en acier, ne peuvent en faire de bon qu'avec les fers de Suède, de Styrie et de Carinthie.

On a beau employer les mêmes fers et suivre les mêmes procédés, l'expérience qu'ils ont acquise leur conserve toujours dans ce genre de travail de la supériorité sur les autres peuples.

Les tentatives que j'ai faites à ce sujet m'ont appris que le fer de Béfort en Alsace donnoit de l'acier qui acquéroit à peu près la même finesse que celui d'Angleterre, et qu'il soutenoit les mêmes épreuves sans infériorité bien marquée.

Mais j'ai reconnu, en même temps, que tous les fers de France que j'ai pu me procurer étoient très-difficiles à traiter, quelques précautions que l'on prît en les travaillant.

La difficulté de les traiter et le peu de qualité de l'acier que ces fers produisent, ne doivent pas empêcher de chercher à perfectionner cet art en France : dût-on employer des fers étrangers pour les outils fins, on en tirera toujours parti pour l'usage ordinaire; d'autant mieux que les établissemens qu'on a faits dans plusieurs provinces ont déjà produit d'assez bon acier.

L'on observe en général que l'acier fait avec le fer à petits grains et couleur de plomb est celui qui se gerce le moins.

On cémente le fer dans un fourneau à réverbère. On construit dans le milieu de son intérieur une caisse soutenue au-dessus du cendrier par des supports cintrés espacés de cinq à six pouces, et adossés aux murs du fourneau. C'est par leurs intervalles que la flamme monte et enveloppe la caisse; elle s'échappe ensuite par des soupiraux pratiqués à la voûte du fourneau et qui se réunissent dans une cheminée.

Fourneau à cémentation. Planche XV.

Les pierres du fourneau doivent être de nature à résister au feu le plus violent, et la caisse construite avec de grandes briques très-réfractaires. A mesure que l'on construit la caisse, on prolonge ses supports du côté du mur avec de fortes briques, jusqu'à la hauteur de son bord supérieur.

On conserve dans le milieu de la face extérieure de la caisse,

et à un pouce du fond, une ouverture d'environ un pouce de base et quatre pouces de hauteur; on la bouche pendant l'opération avec une brique plus épaisse que celle de la caisse, afin qu'elle déborde extérieurement, pour donner prise aux tenailles qui servent à ouvrir cette porte quand on veut retirer les témoins dont on parlera ci-après: on peut employer deux briques posées l'une sur l'autre pour fermer cette ouverture.

Charge de la caisse.

On met d'abord dans le fond de la caisse un lit d'un pouce de frasil ou charbon de hêtre [1], pilé et humecté, que l'on bat avec une dame plate emmanchée; on arrange sur cette couche les barres à la distance d'un pouce environ l'une de l'autre, et à la même distance des côtés du creuset on couvre cette couche avec la même épaisseur de charbon, sur laquelle on remet un second rang de barres, et ainsi de suite, en stratifiant le fer et le frasil jusqu'à un pouce des bords de la caisse. On recouvre le tout avec un lit de sable bien damé et en dos d'âne, de quatre à cinq pouces de hauteur [2] dans le milieu. On lute la brique qui sert de porte à la caisse, et on ferme le devant du fourneau avec un mur construit de briques et de terre glaise, dans lequel on laisse un regard qu'on a soin de tenir bouché; on allume le feu avec du bois blanc, comme sapin et autres de même espèce: les Anglois se servent de charbon de terre. Soixante ou quatre-vingts heures suffisent pour convertir des barres de trois à quatre lignes d'épaisseur; le feu dure jusqu'à quatre-vingt-dix heures dans de très-grands fourneaux qui ont dix à onze pieds de longueur; on chauffe jusqu'à six jours quand les barres ont six à sept lignes d'épaisseur.

Les caisses pour accélérer l'opération se construisent le plus étroites possibles, eu égard à leur capacité, parce que si elles avoient beaucoup de largeur et de hauteur, le milieu de la

1. Tout charbon végétal, excepté celui de chêne, est bon; mais celui de hêtre est le meilleur.

2. Les Anglois en mettent jusqu'à dix pouces de hauteur dans leurs grands fourneaux.

charge ne seroit pas pénétré, et le fer par conséquent pas assez ramolli pour être cémenté également ; elles ne doivent avoir au plus que deux pieds quatre pouces de largeur et deux pieds six pouces de profondeur.

NB. Avant d'établir de grands fourneaux, il faut en construire un petit pour y faire des essais, et s'assurer surtout de la qualité des matériaux.

On rejette les barres qui ont été doublées, parce qu'elles sont sujettes à des défauts de soudure, et que ces désunions ne se cémentent jamais et conservent la nature du fer : on en donnera ci-après les raisons plausibles.

Les trois rangs de barres du milieu de la hauteur de la caisse doivent être de dix-huit lignes plus courtes que les autres : on les arrange de manière que leur bout de derrière soit aligné avec celui des autres, afin qu'on puisse les prolonger sur le devant avec des bouts de barres des mêmes dimensions ; ces bouts se nomment les témoins.

Après quarante-huit heures de feu, dans les petits fourneaux, et plus tard dans les grands, on démure le devant du fourneau et on ouvre la porte de la caisse pour en tirer un des témoins ; on le plonge dans l'eau étant rouge, et on le casse pour juger du degré de la cémentation.

La charge de la caisse s'affaisse pendant l'opération : cet affaissement est d'environ six pouces dans un fourneau d'épreuve contenant à peu près cinq cents livres de fer ; et pour que le couvercle de sable ne s'accroche pas aux bords de la caisse en descendant, on a soin de le bien nettoyer avant de fermer le fourneau.

Si le fourneau n'est pas placé sous un hangar ouvert, il faut réserver trois évents, l'un au niveau du devant du cendrier, et les deux autres sur ses côtés. Ces trois courans d'air et du bois sec accélèrent beaucoup l'opération. J'ai observé que dans un fourneau où l'on n'avoit pas pris ces précautions, la caisse

n'est devenue rouge-blanc qu'après quarante-huit heures ; tandis que dans une autre cémentation, faite avec du bois sec et flambant, elle a été rouge en six heures, et rouge-blanc en douze.

On entretient le feu par une trémie saillante sur le devant du fourneau, s'il a moins de six pieds de longueur, et s'il en a plus, on en pratique une à chaque bout. Ces trémies sont maçonnées et liées avec le fourneau : elles ont ordinairement environ trois pieds de hauteur; intérieurement, la même largeur dans le bas que l'ouverture du cendrier, et dans le haut elles sont plus évasées. On les tient couvertes avec une plaque de forte tôle : il est inutile qu'elle ferme exactement l'ouverture ; au contraire il est avantageux qu'il entre par là de l'air dans le cendrier.

On regarde souvent dans le fourneau pendant les premières douze heures, pour voir s'il ne se fait pas des crevasses dans le sable ; elles sont annoncées par une petite flamme bleue qui s'élève par ces fentes : on a soin de les refermer en y portant du sable avec une palette de fer à long manche, par l'ouverture conservée dans les portes du fourneau; sans cette attention le charbon se réduiroit en cendres, et la cémentation seroit manquée. La durée du feu dépend de l'activité de la flamme : il faut ordinairement de soixante à quatre-vingts heures [1] pour cémenter cinq cents livres de fer dans un fourneau d'épreuve. Le vent ou d'autres circonstances peuvent accélérer ou retarder l'opération ; ce sont les témoins qui en règlent la durée. On peut retirer le premier après quarante-huit heures; les autres successivement toutes les dix heures, et vers la fin toutes les six.

On trempe les témoins dans l'eau et on les casse pour connoître les progrès de la cémentation. On trouve dans les premiers plus ou moins de leur épaisseur convertie en acier, selon le temps qu'ils sont restés au feu. La couche d'acier se distingue du fer

1 Soixante heures de feu ont consumé dans le fourneau d'épreuve deux cordes de bois de sapin, la corde ayant trente-six pieds quarrés de surface et les bûches trois pieds de longueur.

par la finesse et la couleur terne de ses grains; au lieu que ceux du fer, qui n'ont encore éprouvé qu'un fort degré de chaleur, sont plus gros et plus brillans : ce qui est bien prouvé quand on étire les témoins, puisque le noyau reprend son nerf.

Les couches d'acier augmentent continuellement aux dépens du noyau de fer, jusqu'à ce qu'il disparoisse et que toute la barre soit cémentée.

Il est essentiel d'observer que pendant tout le temps que le noyau existe, on remarque tout autour de la surface de la barre un cordon brillant de même nature que lui : ce cordon est certainement du fer, puisqu'à l'étirage il devient nerveux comme le noyau; et cependant, la conversion du fer se faisant de la circonférence vers le centre, la surface de la barre devroit être la mieux convertie.

Opinion sur l'effet de la cémentation.

Ce cordon est de même apparence que celui que l'on trouve dans les bords des désunions de l'intérieur des barres converties en acier; leurs grains brillans deviennent nerveux à l'étirage [1]. Il est à croire que l'écoulement du laitier, qui se rend continuellement du centre à la surface, est interrompu par la séparation qui se trouve dans le fer, et qu'il s'y ramasse en assez grande quantité pour les rendre nerveuses à l'étirage : les grains sont surtout très-marqués à la surface de la désunion qui a lieu le plus près du centre. Cette observation semble autoriser mon opinion, que le fer battu ne devient acier à la cémentation qu'en y perdant lentement la plus grande partie de son laitier; de même qu'on l'a expliqué dans la conversion du fer de fonte en acier, mais avec la différence que l'acier naturel ne peut être converti que par un degré de chaleur capable de fondre le fer, pour donner lieu à l'évacuation du laitier que le fer de fonte contient de plus que le fer battu.

La chaleur, en ramollissant le fer battu, dilate l'air qui y est ren-

1. Ce cordon paroît être le même que celui que l'on a fait remarquer dans les épreuves rapportées à l'article de la connoissance du fer de fonte.



fermé; cet air, en se dégageant, entraîne le laitier vers la surface de la barre, et à mesure qu'il quitte sa place, les fibres du fer, qui sont dans un état pâteux, peuvent se rapprocher et former un corps plus dense, c'est-à-dire de l'acier.

Un feu violent et qui n'auroit pas communiqué lentement son degré de chaleur au fer, ne pourroit pas opérer la cémentation; il attaqueroit trop violemment sa surface, et ne donneroit pas aux parties métalliques le temps de se ramollir assez pour se rapprocher d'elles-mêmes : il n'y a qu'un feu ménagé qui convienne à cette opération.

On connoît que la cémentation est faite, quand le grain de l'acier est gros et terne sans mélange de grains brillans, et qu'il s'y est formé des ampoules ou boursouflures à la surface. Ces ampoules sont produites par un reste d'air renfermé entre les fibres du fer, lequel, quoique dilaté, n'a pas eu la force de crever la voute, mais qui annonce le ramollissement complet de l'intérieur. Cet acier boursouflé se nomme *acier poule.* [1]

La séparation qui se fait du laitier d'avec le fer à la cémentation est bien démontrée, puisque le grain des voûtes de ces ampoules est brillant comme celui du fer du noyau, et qu'il devient nerveux à l'étirage. On trouve aussi sur la surface des barres d'acier poule du laitier formé en petits cristaux autour et sur le dessus des crevasses que l'air a eu la force de former dans les voûtes des ampoules.

Quoique la chaleur soit le principal agent de la cémentation, on ne doit pas croire que le charbon puisse être remplacé par une poudre quelconque, comme du sable, des cendres, etc; il est nécessaire, comme on l'a déjà dit, pour préserver la surface du fer et opérer par sa chaleur immédiate son ramollissement.

Le sable ou autre corps pourroit bien, par la communication du feu, ramollir les parties métalliques; mais il n'auroit pas la

1. Sans doute parce que ce nom est un diminutif d'ampoule.

vertu qu'a le charbon de conserver sa nature tant qu'il n'est pas en contact avec l'air extérieur, et de contribuer par sa constante chaleur pendant un aussi long-temps à métalliser (en transmettant sans altération la matière du feu) les parties de mine que le fer peut encore contenir; ce dernier effet du charbon pourroit servir à expliquer pourquoi le fer acquiert de la pesanteur à la cémentation.

L'acier, ainsi que le fer chauffé dans une matière terreuse ou absorbante, s'y adoucit et devient plus tendre à la lime, par la raison qu'il y perd encore du laitier, et que le laitier est plus dur à la lime que le fer.

On a expliqué ailleurs pourquoi le laitier, au lieu de descendre par son propre poids dans la surface inférieure d'une barre de fer violemment chauffée, s'échappe par les quatre faces également : c'est, on le répète, par la dilatation de l'air intérieur.

Si le fer n'a pas été bien converti, comme cela arrive surtout dans les grands fourneaux aux barres les plus éloignées des parois de la caisse, on les comprend dans le nombre de celles de la cémentation suivante; et enfin on les cémente une troisième fois, si cela est nécessaire.

Si l'on veut donner de la perfection à un barreau d'acier déjà converti, on peut le cémenter de nouveau. Mais il est prouvé par mes expériences que si on ne le laisse pas dans la caisse jusqu'à la fin de l'opération et si on le retire après vingt-cinq ou trente heures, il aura pris du nerf, et sa surface, au lieu d'être bleuâtre, comme à l'acier bien converti, sera de la couleur ordinaire du fer rouge refroidi; tandis que si on le laisse dans la caisse jusqu'à la fin de l'opération, l'acier aura gagné beaucoup de finesse à cette seconde cémentation.

Cette expérience paroît détruire l'opinion qu'ont adoptée plusieurs savans, que l'acier est un fer surchargé de charbon qui se combine avec lui pendant l'opération, puisque si cette combinaison avoit lieu pour la conversion du fer en acier, celui qui a été trente heures de plus à la cémentation devroit être plus

acier que celui n'a été cémenté qu'une fois, tandis qu'au contraire il a repris de la nature du fer.

Explication. Ne pourroit-on pas, pour expliquer cet effet, attribuer l'affoiblissement de l'acier à une cause qui paroît naturelle (comme on aura occasion de le remarquer à l'article de la trempe)? Il reste dans l'acier cémenté une dose de laitier proportionnée à son degré de finesse, c'est-à-dire, à la grosseur de ses fibres. Si on le cémente de nouveau, ce laitier suivra la même marche que celui qui s'est écoulé à la première cémentation; et si on ne laisse pas le fer au feu assez long-temps, le laitier, n'ayant encore éprouvé qu'un commencement de fusion, au lieu d'avoir le temps de parvenir successivement à la surface de la barre, se logera entre les fibres et les écartera, et le fer reprendra son état nerveux; il se perfectionne au contraire si on le cémente complétement.

Quand on cémente l'acier factice une seconde fois, il faut auparavant le chauffer foiblement et le battre pour aplanir les ampoules et lui donner un degré de condensation de plus : le grain de cet acier est beaucoup plus fin qu'après sa première cémentation.

D'après l'explication que l'on a donnée de la formation de l'acier, il sembleroit naturel de penser que l'instant où le noyau de fer disparoît devroit être celui où l'acier est entièrement formé; et que le temps qu'il reste de plus au feu devroit non-seulement être inutile à sa conversion, mais même nuisible à sa qualité, puisqu'il est d'autant plus difficile à traiter qu'on le laisse plus long-temps au feu après la disparition du noyau. On auroit sans doute de l'acier plus traitable en n'outre-passant pas ce terme; mais en le faisant on est plus assuré de la conversion, d'autant mieux que les ampoules, qui sont un signe d'une parfaite cémentation, ne se montrent que quelque temps après que le noyau a disparu.

Les Anglois ne craignent pas de pousser la cémentation, quand

même les ampoules sont formées; l'expérience leur a appris que les fers qu'ils emploient, sont traitables sans beaucoup de ménagement, quelque boursouflés qu'ils soient; et comme c'est en Angleterre que l'on a commencé à faire de grands établissemens pour la conversion du fer en acier, et que le leur est toujours couvert de bulles et son intérieur à gros grains, on ne doit pas conclure que l'acier des autres fers doive avoir la même apparence que celui d'Angleterre. On le répète, ce n'est que d'après l'essai des témoins que l'on peut juger du degré de feu à donner au fer que l'on cémente.

Le fer que l'on cémente doit être assez épais pour que l'on ne soit pas obligé de le doubler plus d'une fois dans les différens usages qu'on en fait, par la raison que toutes les fois qu'on double un acier, il se forme une couche nerveuse à chaque doublure, faute de laitier pour réunir les deux surfaces, de sorte que plus il est doublé plus il est sujet à s'exfolier quand on le rompt. Cet acier n'en prend cependant pas moins de la dureté à la trempe; mais si on est obligé de diminuer son épaisseur, à la lime où à la meule, ou découvre souvent des pailles.

L'acier de cémentation devient plus tôt nerveux au travail que l'acier de fusion ou naturel : après l'avoir corroyé deux fois, il s'est si fort ramolli que le ciseau que l'on en a fait n'a pas pu trancher du fer.

On rend l'acier nerveux en le faisant chauffer long-temps dans une boîte remplie de toute autre matière que du charbon pilé, parce que le laitier s'écoule sans que les matières deviennent assez chaudes pour fondre les parties métalliques, qui restent trop éloignées. Si, à mesure que les parties métalliques se ramollissent, on pouvoit battre l'acier, il seroit moins nerveux.

### *Connoissance de l'acier brut cémenté.*

Si le feu n'a pas été trop violent au commencement de la cémentation, et s'il a été dirigé également, on verra distincte-

ment, en cassant les témoins, les progrès de la cémentation; la formation de l'acier y sera graduée : mais si la chaleur a été trop forte avant que le noyau de fer ait disparu, les fibres seront réunies en masses; il en résultera un désordre qui empêchera de connoître si la barre a été complétement cémentée. Ce ne sera qu'en la chauffant et en l'étirant qu'elle pourra se montrer dans son état naturel et que l'on distinguera le fer d'avec l'acier : l'un sera nerveux et l'autre grumelé.

Si la conversion a été complète, la grainure sera homogène, et après avoir été étiré, l'acier aura le grain bien égal et terni par une blancheur répandue sur la surface de sa cassure.

Les grains d'un acier trop cémenté sont plus petits et plus ternes que ceux d'un acier qui a bien réussi; mais la couleur générale de sa cassure est celle de l'argent mat : on n'y aperçoit pas de pores à la vue. Il est cassant comme le verre, et conserve, comme lui, des parties saillantes et tranchantes. Cet acier est extrémement dur, et il est cassant à froid, quand même il auroit résisté à la forge; l'on ne gagne rien à le ménager à la trempe. L'acier factice, s'il est bien converti, est plus parfait, c'est-à-dire, plus fin que l'acier naturel; il est mieux purgé de son laitier surabondant, et par conséquent plus dense : cela doit être, puisqu'il est le résultat d'une opération plus lente. Cependant il n'est pas propre aux mêmes usages que l'acier naturel. Il est difficile à traiter et exige beaucoup de ménagement; il perd plus tôt sa dureté que l'autre à l'user : le tranchant qu'il donne aux outils est d'abord vif, mais il s'ébrèche au moindre effort; il n'est bon que pour ceux qui n'ont pas besoin de ressort, et que l'on n'est pas obligé de repasser au feu pour en raccommoder le taillant.

L'acier d'Angleterre est cependant bon à toute sorte d'usage, parce qu'il est fait avec du fer choisi, et que l'art de la cémentation y est mieux connu.

L'acier factice n'est donc nécessaire que dans les pays où il

n'y a pas de bon acier naturel, ou bien dans ceux où il se fait un grand commerce de quincaillerie, comme en Angleterre ; d'ailleurs cet acier, étant plus dense que l'acier de fusion, se polit mieux. Les Allemands, qui ont de l'acier naturel excellent en Styrie et en Carinthie, se gardent bien de s'occuper de la cémentation du fer.

## *Traitement de l'acier brut cémenté.*

On a observé dans le traitement de l'acier naturel que, de même que dans le fer, les parties métalliques d'une loupe sont réunies en petites masses par du laitier; que ces masses se filent à mesure qu'on donne de l'extension à la loupe; que toutes les opérations subséquentes ne tendent qu'à allonger ces masses, à diminuer la grosseur des fibres de l'acier et à les rapprocher; et enfin que ce n'est qu'après les avoir filées et doublées trois fois que l'on parvient à donner à l'acier la densité qui le rend propre à être employé à tous les usages.

Il ne faut pas autant de travail pour amener l'acier factice au même degré de finesse. Les fibres du fer battu, quand on le met en cémentation, se grumèlent, et les parties métalliques prennent la même consistance que dans la loupe. La seule opération de l'étirage suffit bien pour donner à cet acier la finesse de l'acier naturel; mais il n'a pas le même ressort que lui, à moins que la qualité du fer dont il a été formé ne lui ait donné celle d'être doublé autant de fois que l'acier naturel ; ce qui n'est pas ordinaire avec les fers de France. Cependant cet acier, quelque bien qu'il ait été traité, sera toujours plus cassant que l'autre. Il faut donc, avant que de destiner l'acier factice aux mêmes usages que l'acier naturel, tenter de le raffiner, non pas autant de fois que l'acier naturel, car on l'appauvriroit trop de laitier, mais jusqu'à ce qu'il ne se gerce plus et qu'il ait acquis le ressort nécessaire, en observant qu'il veut être ménagé au feu et à la trempe, parce qu'il est cassant et difficile à souder. On le

répète, on ne peut s'assurer de l'usage qu'on en peut faire qu'après des essais.

Traitement de l'acier poule.

L'acier poule se casse la première fois, si on le traite sans ménagement; il faut ne lui laisser prendre d'abord que le rouge de cerise, et le battre à petits coups. Ces premiers coups de marteau aplatissent les voûtes des ampoules. On lui donne ensuite un degré de chaleur un peu plus fort. Ce n'est que quand on s'aperçoit que le laitier est en fusion qu'on peut le traiter sans ménagement sous le marteau; mais il faut arriver à ce degré par des chaudes successives.

On doit observer aux premières chaudes de toujours chauffer la barre dans toute sa longueur et également : si on n'en chauffoit qu'un bout, ou bien que le rouge ne fût pas de la même nuance partout, la barre se casseroit dans les endroits qui n'auroient pas été chauffés, ou qui seroient moins rouges que les autres.

On bat la barre successivement de six pouces en six pouces, en l'entretenant toujours chaude dans le reste de sa longueur; on ménage les coups de marteau en commençant à battre, et on cesse quand le rouge disparoît. Il faut se servir de la tête du marteau pour cet écrouissement et jamais de la panne, de peur de désunir les parties métalliques au lieu de les rapprocher. Dans les grands établissemens on peut employer pour ce travail un martinet qui ne pèse qu'environ cent livres; mais il doit avoir au moins la largeur des barres.

C'est lorsqu'on est parvenu à rapprocher les fibres de l'acier qu'il devient moins difficile à traiter; on peut alors le chauffer davantage et lui donner un peu d'extension. Après ce second traitement l'acier est en état d'essuyer tous les degrés de chaleur qu'on voudra.

Il est absolument nécessaire d'étirer et même de raffiner l'acier de cémentation avant de l'employer. M. de Lauragais, sous prétexte d'économiser le déchet de l'acier, se persuada qu'il

pourroit faire avec du fer toutes sortes d'armes blanches et qu'il suffiroit de les cémenter. Cette absurdité eut le succès qu'on lui avoit annoncé : toutes se cassèrent au moindre effort, faute de ressort. Il n'en est pas de même des pièces qui n'ont besoin que de dureté et qu'il n'est pas nécessaire d'étirer après la cémentation, comme les grosses limes et les ouvrages de quincaillerie, qu'il est plus aisé de limer quand ils sont encore fer.

Le fer augmente de poids dans sa conversion en acier ; il en acquiert aussi quand, après avoir été cémenté, on le fait rougir et qu'on le condense à coups de marteau.

L'acier factice pèse plus que le fer qui l'a produit.

Au lieu d'attribuer cette augmentation de poids à une surcharge de charbon, c'est-à-dire, à son introduction dans le fer, ne pourroit-on pas plutôt l'attribuer à la matière du feu qui pénètre la barre ?

Il est plus que vraisemblable que celle-ci contient encore des parties de mines réduites imparfaitement et moins pesantes que le fer, qui achèvent de se métalliser à la cémentation, et qui donnent un poids de plus à l'acier. [1]

---

1. Ce qui donne de la vraisemblance à cette opinion, c'est l'augmentation de pesanteur qu'a acquise du laitier pur, mis à la cémentation.

*TABLE de comparaison de deux espèces de fer mis à la cémentation pendant quatre-vingt-trois heures, qui fait connoître l'augmentation de poids que chacun d'eux y a acquise.*

| N.os | FER D'ALLEMAGNE. | | | | | | | | FER D'ALSACE. | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Avant la cémentation. | | | | Après la cémentation | | | | Avant la cémentation. | | | | Après la cémentation. | | | |
| | livres. | onces. | gros. | grains | livres. | onces. | gros. | grains. | livres. | onces. | gros. | grains | livres. | onces. | gros. | grains. |
| 1 | 4 | 4 | 4 | 32 | 4 | 4 | 6 | 47 | 4 | 5 | 2 | 42 | 4 | 5 | 5 | 60 |
| 2 | 4 | ″ | 6 | 59 | 4 | 1 | 1 | ″ | 3 | 13 | 5 | 60 | 3 | 13 | 6 | 41 |
| 3 | 3 | 11 | 4 | 49 | 3 | 11 | 6 | 24 | 4 | 3 | 7 | 48 | 4 | 4 | 2 | 18 |
| 4 | 4 | ″ | 8 | 8 | 4 | 1 | 2 | 12 | 4 | 4 | ″ | 59 | 4 | 4 | 3 | 60 |
| 5 | 3 | 15 | 4 | 60 | 3 | 5 | 7 | 5 | ″ | ″ | ″ | ″ | ″ | ″ | ″ | ″ |
| 6 | 4 | 4 | 7 | 36 | 4 | 5 | 2 | 35 | 4 | 7 | 6 | 30 | 4 | 3 | 2 | 54 |
| 7 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 5 | 5 | 58 | 4 | 6 | 6 | ″ | 4 | 7 | ″ | 59 |
| 8 | 4 | ″ | 2 | 42 | 4 | ″ | 5 | ″ | 4 | 2 | 8 | 32 | 4 | 3 | 2 | 60 |
| 9 | 4 | 1 | 1 | 33 | 4 | 1 | 4 | 22 | 4 | 5 | ″ | ″ | 4 | 5 | 3 | 48 |
| 10 | 4 | 6 | 7 | 36 | 4 | 7 | ″ | 24 | 4 | 3 | 7 | 36 | 4 | 4 | 1 | 60 |
| 11 | 4 | 1 | 1 | 53 | 4 | 1 | 4 | 42 | 4 | 4 | 6 | ″ | 4 | 4 | 4 | 60 |
| 12 | 4 | 2 | 5 | 12 | 4 | 2 | 7 | 54 | 4 | ″ | ″ | 6 | 4 | ″ | 3 | 60 |
| 13 | 4 | 3 | 7 | 36 | 4 | 4 | 2 | 36 | 4 | 6 | 5 | ″ | 4 | 7 | ″ | 18 |
| 14 | 4 | ″ | 4 | 36 | 4 | ″ | 7 | 6 | 4 | 2 | ″ | 60 | 4 | 2 | 1 | 66 |

*Table de l'augmentation de poids que l'acier cémenté a acquise après avoir été chauffé et battu.*

| POIDS | APRÈS LA CÉMENTATION. | | | | APRÈS AVOIR ÉTÉ BATTU. | | | | AUGMENTATION. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | livres. | onces. | gros. | grains. | livres. | onces. | gros. | grains. | livres. | onces. | gros. | grains. |
| | 3 | 15 | 7 | 5 | 4 | » | » | 47 | » | » | 6 | 37 |
| | 4 | 5 | 2 | 35 | 4 | 5 | 3 | » | » | » | » | 37 |
| | 4 | 5 | 5 | 35 | 4 | 5 | 7 | » | » | » | 1 | 7 |
| | 4 | 2 | 7 | 54 | 4 | 3 | 2 | 36 | » | » | 4 | 54 |
| | 4 | 1 | 1 | 60 | 4 | 1 | 4 | 24 | » | » | 2 | 36 |
| | 4 | 4 | 3 | 47 | 4 | 4 | 5 | » | » | » | 1 | 25 |

*TABLEAU de comparaison du poids de l'acier factice dans ses différens états.*

| N.os | AVANT LA CÉMENTATION. | | | | APRÈS LA CÉMENTATION. | | | | CHAUFFÉ ET BATTU. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | livres. | onces. | gros. | grains. | livres. | onces. | gros. | grains. | livres. | onces. | gros. | grains. |
| 1 | 3 | 9 | - | 23 | 3 | 9 | 3 | 12 | 3 | 9 | 6 | - |
| 2 | 4 | 3 | - | 18 | 4 | 3 | 3 | 23 | 4 | 3 | 3 | 24 |
| 3 | 3 | 11 | 2 | 36 | 3 | 11 | 5 | 36 | 3 | 11 | 5 | 36 |
| 4 | 3 | 8 | 1 | 42 | 3 | 8 | 4 | 12 | 3 | 8 | 4 | 12 |
| 5 | 3 | 11 | 6 | 18 | 3 | 12 | 1 | 5 | 3 | 10 | 2 | 60 |
| 6 | 3 | 11 | 1 | 24 | 3 | 13 | 4 | - | 3 | 13 | 4 | 23 |
| 7 | 3 | 8 | 5 | 54 | 3 | 8 | 4 | 64 | 3 | 9 | - | 36 |
| 8 | 3 | 13 | 7 | 54 | 3 | 14 | 2 | 6 | 3 | 14 | 3 | 48 |
| 9 | 4 | 1 | 1 | 42 | 4 | 1 | 5 | - | 4 | 1 | 5 | 18 |
| 10 | 4 | 3 | 1 | 36 | 4 | 3 | 4 | 30 | 4 | 3 | 4 | 54 |
| 11 | 4 | 1 | 5 | 54 | 4 | 2 | 1 | 18 | 4 | 2 | 2 | 36 |
| 12 | 3 | 3 | 4 | 60 | 3 | 3 | 6 | 36 | 3 | 3 | 6 | 36 |
| 13 | 3 | 3 | 6 | 36 | 3 | 3 | 7 | 54 | 3 | 3 | 7 | 60 |
| 14 | 3 | 2 | 6 | 30 | 3 | 3 | - | - | 3 | 3 | - | - |
| 15 | 3 | 5 | 7 | 17 | 3 | 6 | 1 | - | 3 | 6 | 1 | 36 |
| 16 | 4 | 9 | 3 | 6 | 4 | 9 | 3 | 36 | 4 | 10 | - | 12 |
| 17 | 4 | 6 | 7 | 36 | 4 | 6 | 7 | 48 | 4 | 6 | 7 | 54 |
| 18 | 4 | 13 | 6 | 18 | 4 | 14 | - | - | 4 | 13 | 6 | 35 |

NB. L'acier battu doit perdre en scories au feu et sous le marteau, et il a cependant acquis une augmentation de poids. On a éprouvé d'en chauffer deux barres cémentées du même poids : l'une a été chauffée au premier degré de chaleur, l'autre à celui de la soudure; cette dernière a moins pesé que la première, parce qu'elle avoit plus perdu de scories au feu et par le marteau que celle qui avoit été moins chauffée.

Il faut donc, en comparant le poids de l'acier dans ses différens états, le chauffer toujours peu et également, au même degré de chaleur : c'est ce que l'on a exactement observé dans les expériences ci-dessus.

Observations.

On peut trop cémenter le fer.

1.° Il y a un terme à la conversion du fer en acier; si on l'outre-passe le fer y devient pour ainsi dire trop acier. On a eu l'occasion de s'en convaincre dans les barres d'une même cémentation qui s'étoient trouvées le plus près des côtés de la caisse, et qui par cette raison avoient été plus chauffées que celles du milieu. On a parfaitement distingué que leurs grains, au sortir de la cémentation, étoient plus gros que ceux des autres barres; qu'après l'étirage ces grains devenoient plus petits que ceux de l'acier ordinaire, caractère d'un acier trop cémenté : plusieurs de ces barres se sont cassées sous le marteau à la première chaude, et d'autres à la trempe.

2.° L'acier chauffé avec des absorbans est devenu nerveux et s'est couvert de scories, comme s'il avoit été chauffé à nu; c'est un acier qui a essuyé un long recuit.

## CHAPITRE XIX.

### *Observations sur les lames de sabres et autres armes.*

De l'acier propre aux armes blanches.

L'ACIER le plus propre à la fabrication des armes blanches, est celui dans lequel il reste des fibres de fer répandues également parmi celles de l'acier, c'est-à-dire, qui sont plus grosses qu'elles et qui y conservent des intervalles qui fournissent au ressort de celles de l'acier : tel est l'acier naturel. Celui qui est trop homogène et par conséquent trop parfait, comme le bon acier cémenté, n'y est pas propre, et les lames que l'on en fait sont cassantes; si au contraire il y avoit trop de fibres de fer parmi celles de l'acier, les lames resteroient toujours faussantes, quelque forte que fût la trempe. Il faut, quand on courbe une lame, qu'elle puisse se redresser, c'est ce que l'on nomme le ressort; elle ne vaut rien lorsqu'elle reste courbée. Le ployement ne peut avoir lieu si la courbure extérieure des fibres ne trouve pas à se loger dans des interstices; si elles sont adossées les unes aux autres, il faut nécessairement que la lame se casse au lieu de se courber, comme le feroit un faisceau de fils de fer réunis en masse par une soudure. Les fibres de fer répandues parmi celles d'acier, si elles n'y sont pas en trop grand nombre, n'empêchent pas l'acier de devenir très-dur à la trempe.

Une preuve qu'un acier plus parfait, c'est-à-dire, celui dans lequel les fibres sont plus fines et plus rapprochées, est plus cassant que celui qui est moins parfait, c'est l'acier à quatre marques comparé à celui à trois marques. Le premier est toujours plus cassant, et l'on ne peut par cette raison l'employer

en lames ; il n'est bon que pour des pièces qui n'ont pas besoin de ressort.

Quand les fibres de fer qui restent parmi celles de l'acier y forment des gerbes trop fortes, les lames, non-seulement sont faussantes, mais elles se cassent même au troisième ou quatrième coup que l'on frappe contre un billot, alternativement sur ses deux faces; parce que la première courbure ne pourroit pas exister s'il ne s'étoit pas fait un déchirement à la partie convexe de la gerbe. Le second coup que l'on frappe de ce côté, fait recourber la gerbe dans un sens contraire, et la lame, de même que la pointe d'un clou que l'on plie et replie, finit par se casser.

Il est donc nécessaire qu'il y ait des fibres de fer dans l'acier des lames, mais il ne faut pas qu'il y en ait trop; ces deux conditions rendent l'acier factice très-difficile à employer en lames. Il est dans le cas du quatrième raffinage, si la réduction a été complète; si au contraire la cémentation n'a pas pénétré toute l'épaisseur de la barre, il restera dans son milieu une gerbe de fer, qui donnera lieu à la courbure dont on vient de parler.

L'acier de cémentation est d'autant plus difficile à employer en lames que la même opération doit produire des barres plus ou moins pénétrées, et par conséquent différentes qualités d'acier; et qu'il faudroit que le trempeur observât toutes ces nuances pour avoir de bonnes lames, surtout avec de l'acier de plusieurs cémentations.

D'ailleurs l'acier factice, pour peu qu'on le batte sans précaution, se gerce aux angles des barres, et si on ne le raffine pas autant de fois que l'acier naturel, on ne pourra jamais l'employer en lames; le raffinage le rendroit homogène, et en soudant plusieurs couches de fibres les unes sur les autres, les déchiremens ou vides qui se trouvent dans une barre, sont remplacés par le plein des deux collatérales. Cette opération est d'autant plus nécessaire pour rendre un acier factice propre aux

lames, que les barres sortent grumelées de la cémentation, en sorte qu'il faut toujours les étirer pour leur redonner leur nerf, et que leur épaisseur ne pourroit pas fournir, après l'étirage, à celle qui convient à une lame ordinaire. On peut ajouter qu'il y a trop peu de fibres dans une seule barre pour donner à une lame le ressort qu'elle doit avoir : on en a fait l'épreuve en faisant des lames de sabres avec de l'acier de la première marque, et même de la seconde.

Le raffinage étant donc nécessaire à l'acier factice pour être employé en lames, il le rendroit plus cher que l'acier naturel.

Des gerçures aux angles des barres.

Les gerçures ou déchiremens qui se trouvent dans une barre d'acier raffiné, se conservent dans la lame que l'on en fait, et elle se casse aux épreuves.

Ces déchiremens sont souvent occasionés par un défaut de raffinage; l'ouvrier martelle les barres trop long-temps à demi-chaudes, et l'acier, n'étant pas assez ramolli pour fournir à l'extension, se sépare dans les angles, parce qu'ils sont refroidis les premiers et n'ont pas tant de liaison longitudinalement que le reste de la barre.

Il n'y a qu'un remède, mais qui est presque aussi nuisible à la lame que le défaut qu'il faudroit corriger, c'est de donner dans cette partie une chaude soudante, et de vouloir forcer à coups de marteau la réunion des deux faces de la gerçure, sur lesquelles il se forme toujours des scories, en sorte qu'il n'en résulte qu'un replâtrage, qui ne produit jamais qu'une lame de médiocre résistance.

Trempe des lames.

Les lames doivent être chauffées également dans toute leur longueur; car les endroits qui n'ont pas été assez chauffés ne deviennent pas aussi durs que ceux qui l'ont été au degré suffisant, et se faussent quand on veut les courber : si au contraire ils l'ont trop été, l'acier se grumèle et elles se cassent.

En chauffant une lame pour la tremper, il faut la présenter continuellement par le dos à la tuyère, en y faisant passer successivement tous les points de sa longueur, et en arrêtant les

parties épaisses plus long-temps que celles qui sont minces, afin de faire prendre à la lame un égal degré de rougeur.

On trempe aussi les lames de sabre par le dos ; sans cela le tranchant seroit refroidi le premier ; et si la lame commençoit à se courber de ce côté, le dos, en se condensant après, tendroit à la redresser, et il se formeroit des désunions dans le tranchant, au lieu que quand le dos est saisi avant que la partie mince de la lame parvienne à l'eau, il est rare qu'elle éclate. Le trempeur, pour empêcher la trop grande courbure des lames à la trempe, et pour égaliser, autant que cela est possible, la chaleur du tranchant avec celle du dos, passe le premier dans de l'argile mouillée ou dans la boue des scories qui se ramassent au fond de l'auge où l'on trempe. Malgré cette précaution il n'y a point de lame qui sorte de la trempe aussi droite que quand on l'a plongée dans l'eau ; mais c'est sur le plat que se forme la courbure, et souvent en serpentant. La plus forte a toujours lieu du côté où la surface est la moins découverte, c'est-à-dire, celle où il est resté du fer, ce qui se connoît à la couleur de la rouille qu'on y aperçoit. Cet effet est dû au retrait du fer, qui est toujours plus fort que celui de l'acier, ainsi qu'on l'a dit ailleurs.

Si une lame se courbe du côté du tranchant, le trempeur, en la recuisant, la présente par ce côté; et pour que le dos se chauffe en même temps, il présente le plat de la lame obliquement au vent, le tranchant en haut.

Les lames au sortir de la trempe sont très-cassantes, lorsqu'elles sont de bon acier et bien trempées ; il est nécessaire de les recuire à un degré qui leur conserve de la dureté et leur donne du ressort : c'est ordinairement la couleur bleue foncée qui convient à l'acier que l'on y emploie. Cette couleur se distingue mal au travers du noir que la lame prend quand on la chauffe pour la recuire ; il faut, pour fixer le degré du recuit, une grande habitude du coup d'œil dans le trempeur. Recuit.

On profite du degré de chaleur que prennent les lames au recuit pour les redresser avec le marteau, et dans un barreau de fer ouvert en fourche et planté sur le bloc de l'enclume. Comme cela ne peut se faire que quand la lame est encore chaude, le trempeur a l'attention de ne pas laisser arriver la nuance qui marque le véritable degré du recuit, et de la retirer du feu auparavant; la chaleur qu'elle conserve pendant qu'on la redresse, achevant de la recuire, il la trempe dans l'eau à l'instant où il l'aperçoit.

Quand l'acier exige un recuit au-delà du gros bleu, et qu'on ne peut pas bien distinguer le bleu clair qui lui succède, les trempeurs emploient un tâtonnement pour le connoître : ils laissent chauffer la lame jusqu'à ce que le chiffon dont ils se servent pour la tenir, prenne feu en le passant sur la lame continuellement et brusquement après qu'elle a pris le gros bleu; ils peuvent fixer leur tâtonnement en faisant des essais sur une lame polie où les nuances du recuit sont bien marquées.

Les coups de marteau que l'on donne aux lames pendant le recuit pour les redresser, sont essentiels au ressort qu'elles doivent avoir, parce qu'ils en séparent les fibres par l'ébranlement qu'ils y occasionnent.

Examen des lames.

On éprouve le ressort des lames en pressant leur pointe contre une planche posée à terre, et on les courbe fortement des deux côtés; on les frappe aussi deux fois, sur chaque face alternativement, contre un bloc d'environ un pied de diamètre et de trois pieds de hauteur. Si la lame est faussante, elle reste courbée, et si elle est trempée trop dur ou qu'elle ait quelque défaut, elle se casse.

Une lame peut devenir faussante si l'aiguiseur l'a trop échauffée à la meule : ce défaut peut donc également être attribué au trempeur et à l'aiguiseur.

Il y a plusieurs causes qui font casser les lames aux épreuves;

les unes viennent de la qualité de l'acier, et les autres d'un défaut de fabrication.

1.° Une lame peut être d'un mauvais acier et se fausser ou se casser, sans que ce soit la faute des ouvriers. Défauts des lames.

2.° Les gerçures viennent aussi du raffineur quand il n'a pas bien ramolli l'acier, ou qu'il l'a étiré n'étant plus assez chaud; celles qui se forment dans les barres au raffinage se retrouvent dans les lames. Les gerçures

3.° Le forgeur peut aussi gercer les lames si, en les finissant, au lieu de les battre sur le plat, il frappe sur un des bords pour les redresser et qu'il le comprime trop, surtout si c'est sur la partie la plus mince : ces places trop condensées éclatent très-souvent à la trempe.

4.° Le trempeur gerce aussi les lames qui sont courbées vers un de leurs bords, s'il les redresse dans la fourche de fer pendant le recuit n'étant plus assez chaudes : le tranchant y est surtout très-sujet.

5.° Une lame peut être cassante parce qu'elle étoit trop chaude quand on l'a trempée, et qu'il y a eu un grand contraste avec la fraîcheur de l'eau.

6.° Si la cassure est colorée de nuances du recuit, c'est une preuve qu'elle existoit avant la trempe, et par la faute du forgeur.

## *Poudre pour donner le dernier poli à l'acier.*

On met de petits morceaux d'acier dans un creuset avec deux ou trois bouts de canons de soufre de la grosseur d'une noix : lorsque l'acier est fondu on le verse sur une plaque de fonte; on le broie demi-fin avec le marteau ou dans un

mortier de fer; on l'expose sur une feuille de tôle au-dessus de la braise, en le remuant pendant qu'il rougit, et on le couvre avec une autre feuille de tôle sur laquelle on met du charbon allumé, pour l'entretenir long-temps rouge. Étant refroidi, on achève de le broyer et on le passe au tamis de soie. L'on ajoute à une once de cette poudre un gros de cinabre, une demi-once de potée d'étain, et on délaye le tout avec de l'eau-de-vie.

## CHAPITRE XX.

### *Connoissance de l'acier.*

On ne peut pas bien juger quelle est la qualité de l'acier avant de l'avoir employé aux différens usages auxquels on le destine ; cependant on peut le conjecturer à sa cassure. Celui qui est connu pour le meilleur, si rien n'a dérangé sa contexture, doit avoir le grain petit et égal, de couleur cendrée ou bleuâtre luisante, mais non brillante. Les grains ne doivent pas être trop ternes ; sans cela l'acier se souderoit difficilement et seroit cassant : cette couleur annonce qu'il auroit trop perdu de laitier à sa conversion, et les grains brillans, que l'acier contient encore du fer.

Il y a d'autres défauts de fabrication au raffinage qui ne doivent pas faire mal juger de la qualité de l'acier, mais qui doivent le faire rejeter : telles sont les fibres nerveuses, les défauts de réunion, et des parties de scories qui se rencontrent dans les barres.

Quoiqu'on exige un grain fin dans le bon acier, il ne faut pas cependant décider de sa qualité sur sa grainure, parce qu'il peut avoir été trop chauffé, et que, plus il l'a été, plus ses grains doivent être gros : on n'en jugera bien qu'après avoir rétabli ses fibres dans leur état naturel par un foible degré de rouge et l'avoir battu à petits coups.

Le grain de l'acier change à la trempe ; on peut s'en convaincre en faisant rougir une lame d'acier d'environ vingt lignes de largeur et quatre d'épaisseur : En la coupant en deux pendant qu'elle est bien rouge, en plongeant une des moitiés dans l'eau,

et en laissant refroidir l'autre d'elle-même, on verra que le grain de la partie trempée sera plus fin et plus terne que celui de l'autre ; c'est une épreuve que l'on a répétée plusieurs fois. Ce n'est donc qu'avant la trempe que l'on peut bien juger de l'acier.

Les grains de l'acier deviennent d'autant plus fins qu'on le diminue d'épaisseur : si l'on réduit, par exemple, une barre de deux pouces de largeur et trois lignes d'épaisseur en un barreau quarré de trois lignes, les grains de ce barreau seront plus fins que ceux de la barre ; et si l'on étire ce barreau en lame, les grains seront encore plus petits. La raison en est simple : les fibres ayant été filées plus fines, leur cassure doit présenter une surface d'autant plus petite qu'elles ont été plus allongées.

Moyen de connoître la qualité de l'acier

Il faut donc, pour connoître la véritable qualité de l'acier, le chauffer au premier degré, l'étirer à deux ou trois reprises et le réduire à environ deux lignes d'épaisseur; il faut ensuite le réchauffer jusqu'au rouge blanc et le tremper dans l'eau, pour juger de son grain après la trempe.

La qualité de l'acier dépendant de celle du fer qui l'a produit, il doit y en avoir de beaucoup de sortes : celui qui vient du meilleur fer est le plus fin et prend conséquemment le plus de dureté à la trempe.

On trouve à employer toutes sortes d'acier, les outils exigeant plus ou moins de dureté. On acière, par exemple, les outils à pionniers de préférence avec de l'acier médiocre ; la finesse et la dureté du très-bon acier ne soutiendroient pas sans se casser le choc que ces outils éprouvent en rencontrant des pierres. De même un acier encore nerveux ne vaudroit rien pour des burins et autres outils destinés à travailler le fer, l'acier, ou autres corps durs.

Le meilleur acier, celui que l'on doit préférer, ne doit pas exiger trop de ménagement à la forge, avoir beaucoup de dureté quand on le trempe, et fournir au ressort lorsqu'il est recuit. Ceux de Styrie et de Carinthie, qui remplissent ces conditions,

passent pour les meilleurs que l'on connoisse. Celui de Siegen, dans le pays de Nassau, se travaille aisément : il est essentiellement propre à fournir le ressort que doivent avoir les armes blanches ; mais il n'est pas bon pour les taillans fins, il tient trop du fer.

Les aciers qui se font ailleurs sont de qualité inférieure à ceux dont on vient de parler ; mais on ne les emploie pas moins utilement aux outils de toute espèce en usage dans le pays.

Celui qui sort d'Angleterre est cémenté ou fondu ; il n'y a que les couteliers, les horlogers et les faiseurs d'instrumens de mathématiques ou d'astronomie, qui s'en servent.

L'acier fondu n'est guère utile que pour la coutellerie; il est plus dense que l'acier ordinaire le plus fin : aussi acquiert-il le plus beau poli ; il ne se soude ni avec lui-même ni avec un autre fer ou acier.

## *De l'acier fondu.*

Les Anglois sont en possession depuis long-temps du secret de l'acier fondu. Dans les recherches que l'on en a faites ailleurs on a trouvé qu'en mêlant dans un creuset parfaitement luté soixante et quinze parties de limaille ou fer en très-petits morceaux avec dix-huit parties de charbon, on obtenoit de l'acier.

Dans un autre essai, où l'on a mêlé vingt parties de fer avec six parties d'argile et six parties de pierre calcaire, avant d'être brûlée, on en a aussi obtenu de l'acier fondu.

D'après les résultats de ces deux opérations on peut conclure que le mélange du charbon avec le fer n'est pas le seul qui produise de l'acier, puisqu'on peut en faire aussi avec les deux terres argileuse et calcaire, qui se servent réciproquement de fondant et qui, en se vitrifiant, entraînent la fusion du fer.

### *Épreuve de l'acier à la meule.*

On peut connoître la finesse de l'acier par son frottement sur une meule de grès, surtout si elle tourne avec beaucoup de force et de vitesse, comme celles des manufactures d'armes que l'eau fait aller. Ce frottement détache une grande quantité de particules métalliques, pareilles à celles qui tombent sous la lime, avec la différence que celles-ci ne rougissent pas. Il en est de ces bluettes d'acier comme de celles que les pierres vitrifiables arrachent du briquet. La quantité prodigieuse que la meule en détache et la vitesse avec laquelle elle tourne, font que toutes ces particules rougies forment des écoulemens continus. Leur gerbe est d'autant plus grosse que la surface qui frotte contient plus de fibres, et l'acier le plus fin produit le plus grand nombre d'écoulemens à surface égale : on diroit qu'il en sort un de chaque fibre. Il est certain que leur quantité n'a aucun rapport à celui des points frottans de la meule; sans cela le fer en produiroit autant que l'acier, et c'est ce qui n'arrive pas; car le fer forme des écoulemens très-gros par comparaison avec ceux de l'acier.

Cette progression de finesse est bien marquée depuis le fer jusqu'à l'acier le plus parfait; sans doute par la raison qu'à surface égale il y a moins de parties métalliques dans le premier que dans le second.

On remarque aussi que les écoulemens sont d'un rouge plus foncé à leur naissance qu'à la pointe de la gerbe; ce qui fait croire qu'ils acquièrent un degré de chaleur de plus après qu'ils sont détachés de la lame : ce qui ne peut venir que du frottement des particules métalliques dans l'air, et surtout dans celui de l'atmosphère de la meule, qui est très-agitée.

Ces particules sont emportées par le mouvement centrifuge que la meule donne à son atmosphère, et sont jetées d'autant plus loin que la meule a plus de vitesse; elles tombent ensuite par leur propre poids et perdent la rougeur qu'elles avoient

acquise. On trouve, en ramassant cette limaille, qu'elle est toute attirable par l'aimant.

Pour faire cette épreuve on a pris huit lames d'un pied de longueur et de dix-huit lignes de largeur; la première étoit de fer; la seconde, d'acier brut; la troisième, d'acier de deux marques; la quatrième, d'acier de trois marques; la cinquième, d'acier de première cémentation; la sixième, d'acier de seconde cémentation; la septième, d'acier de seconde cémentation étiré, et enfin la huitième, d'acier d'Angleterre le plus fin que l'on ait pu trouver.

On a reconnu que les écoulemens du fer sont gros en comparaison de ceux de l'acier; qu'ils sont d'un rouge foncé vers leur origine, d'un rouge toujours plus blanc en approchant de la pointe de la gerbe, et qu'ils sont unis comme les filons d'un métal fondu; que ceux de l'acier brut sont plus nombreux et plus fins, et qu'il s'en détache latéralement des étincelles brillantes.

En comparant ainsi successivement les autres lames, on a trouvé que les aciers les plus fins produisoient constamment des gerbes composées d'une plus grande quantité d'écoulemens et en même temps plus déliées, et que les étincelles qui s'en détachoient étoient plus nombreuses et plus brillantes.

L'acier d'Angleterre est celui qui a produit le plus grand nombre d'écoulemens; ils étoient de la plus grande finesse et du rouge le plus blanc. Les aciers cémentés ont paru avoir à peu près la même finesse que ceux de deuxième et troisième marque.

Comme les parties métalliques s'échauffent d'autant plus vîte qu'elles sont plus petites, celles qui se détachent du fer, étant plus grosses que celles de l'acier dont les fibres sont plus fines, doivent être d'un rouge plus foncé.

On a fait tremper un des bouts de chaque lame pour vérifier si la trempe donnoit de la finesse aux parties métalliques en les rapprochant, et l'on a parfaitement distingué que les écoulemens du bout trempé étoient plus fins et plus nombreux que ceux du bout qui s'étoit refroidi de lui-même.

Les étincelles qui commencent à se détacher latéralement des écoulemens de l'acier à une certaine distance de leur origine, et qui deviennent plus nombreuses en approchant de leur pointe, sont vraisemblablement occasionées par l'air enveloppé dans chaque particule d'acier. Cet air est dilaté par l'augmentation de chaleur que le frottement occasionne; mais il ne peut percer son enveloppe qu'autant qu'elle se trouve assez ramollie pour céder à son ressort; et comme les plus petites particules sont les premières échauffées, ce sont sans doute celles qui détonnent lorsqu'elles ont été assez ramollies pour céder à l'effort de la dilatation de l'air. Cet air, en rompant son enveloppe, le subdivise, et ces parcelles métalliques, qui en contiennent chacune une portion, se trouvant, à cause de leur finesse, encore susceptibles d'être échauffées par la nouvelle impulsion qu'elles reçoivent, produisent, en détonnant à leur tour, le brillant qu'elles ont de plus que celles qui forment l'écoulement.

D'après cette opinion il doit résulter que l'acier le plus fin doit produire le plus grand nombre d'étincelles.

C'est par cette raison sans doute qu'il ne se forme pas d'étincelles dans les écoulemens du fer; ses limailles sont trop grosses, et elles ne peuvent pas s'échauffer assez pour détonner avant de tomber.

On pourra donc juger de la qualité d'un acier en le comparant à un autre sur la meule, et décider que celui dont les écoulemens seront les plus déliés, les plus nombreux et du rouge le plus blanc, et qui produira une plus grande quantité d'étincelles brillantes, sera le plus fin.

Acier à la rose.

Un ancien préjugé a fait mettre au rang des meilleurs aciers naturels celui que les ouvriers nomment à la rose, parce que sa cassure est colorée. Ce préjugé est bien peu fondé, puisque ces espèces de rose se trouvent sur des barres tirées de la même loupe que d'autres qui n'en ont pas. On a examiné la cause de cette différence entre les barres, et voici comme cela arrive.

A la première extension que l'on donne aux parties de la loupe, on les forme en barreaux de dix-huit à vingt lignes de largeur et douze à quinze d'épaisseur : on jette ces barreaux dans l'eau pendant qu'ils sont encore rouges; il y en a qui se gercent circulairement jusqu'à la profondeur d'une ou deux lignes, et l'éclat est plus profond aux angles, parce qu'ils sont pénétrés en même temps par les deux surfaces collatérales. Si le noyau qui reste conserve assez de chaleur, après que la barre a éclaté, pour donner du recuit à la surface de la gerçure, elle en prend les nuances, c'est-à-dire, que le contour le plus près du noyau est bleu; et comme l'effet de la chaleur est moindre en s'approchant de la surface, les nuances de la couleur s'affoiblissent progressivement. Ces différentes couleurs forment autour du noyau une espèce de rose qui en a fait donner le nom aux barres ainsi colorées; elles sont distinguées des autres en ce que celles-ci ont conservé des fibres nerveuses dont les premières sont épurées à l'endroit de la gerçure.

### *De l'acier devenu nerveux par le travail.*

L'acier devient nerveux à force d'être battu et réchauffé, ce qui fait dire communément qu'il reprend la nature du fer. Effectivement, plus on raffine l'acier, plus il s'en écoule de laitier et plus ses fibres se filent et s'aplatissent; elles se détachent en même temps les unes des autres, et les vides qui en résultent le rendent nerveux au point que pour le rompre il faut l'entamer avec un ciseau.

On ne doit pas conclure de là que l'acier soit redevenu fer, puisqu'après en avoir fait corroyer, c'est-à-dire, doubler et souder, l'acier, quoique devenu très-nerveux, a repris à la trempe plus de dureté qu'il n'en avoit avant d'être corroyé, par la raison qu'à cette opération ses fibres se sont allongées et rapprochées, et ont formé un corps plus dense, le peu de laitier que l'acier avoit conservé ayant sans doute suffi pour les réunir.

L'acier factice devient plus tôt nerveux que l'acier naturel, par la raison qu'il est plus parfait que l'autre s'il a été bien converti, et que contenant moins de laitier il prend du nerf avec moins de travail.

Un assez grand nombre d'expériences m'a fait connoître qu'un acier devenu nerveux à force d'être corroyé, reprenoit sa dureté à la trempe ; il suffit d'en citer deux, qui m'ont même démontré qu'il devenoit encore plus dur à cette trempe.

1.° On a pris de l'acier d'une excellente qualité, et après l'avoir réduit successivement à de très-petites dimensions, on l'a passé par une filière de trois quarts de lignes de diamètre, et l'on a formé avec ces fils un faisceau d'environ un pouce de grosseur.

Ce faisceau a été soudé et réuni en un barreau de quatre lignes d'équarrissage, et ensuite aplati à deux lignes d'épaisseur. On n'a jamais pu parvenir à rompre cette lame en la pliant ; il a fallu l'entamer au ciseau, et elle s'est trouvée entièrement nerveuse. On l'a trempée à l'ordinaire, et elle a repris un grain de la plus grande finesse ; l'acier est devenu si dur qu'il a mordu sur le verre de même que le diamant.

Cette épreuve, qui a été faite avec de l'acier naturel, ne m'ayant pas paru suffisante pour décider qu'elle pouvoit être commune à l'acier factice, on l'a répétée sur cet acier, qui a donné à peu près les mêmes résultats.

2.° La seconde épreuve avoit pour objet de connoître combien un acier pouvoit soutenir de chaudes sans prendre du nerf ; on en a choisi de trois qualités, savoir, de celui de Styrie, comme le meilleur acier naturel connu, celui de Siegen, qui est de moindre qualité, et enfin de l'acier factice bien cémenté.

On a doublé chacun de ces aciers vingt-cinq fois : le dernier barreau qu'on en a formé avoit le grain peu différent de celui de la barre d'origine, et seulement un peu plus fin ; mais les lames qu'on a faites avec ces barreaux ont été nerveuses. Il ré-

sulte de cette différence que l'acier forgé quarrément conserve son grain, et que s'il est étiré en lame il prend du nerf.

Pour mieux constater ce fait on a forgé avec ces mêmes aciers de petits barreaux de trois lignes et demie d'équarrissage, et des lames de cinq lignes de largeur et deux et demie d'épaisseur, pour avoir une surface à peu près égale : les lames ont eu toutes les trois beaucoup plus de nerf que les barreaux.

Ce sont sans doute les coups de marteau frappés alternativement sur chaque face du barreau qui entretiennent les fibres rapprochées, tandis qu'ils écartent ceux de la lame et les aplatissent.

L'acier réduit en lame mince a donc toujours du nerf, sans devenir fer, et reprend sa dureté à la trempe; il perd cependant de sa qualité à force d'être travaillé, surtout quand on ne peut pas lui donner de l'extension sans le déformer, et qu'on n'a plus la liberté de rapprocher ses fibres pour lui rendre sa densité, comme dans les outils à large tranchant que l'on veut réparer.

## *Conclusion.*

D'après tout ce qui précède on se croit en droit de conclure que la dureté que le fer reçoit à la trempe, après avoir été cémenté, n'est pas due à du charbon qui s'est combiné avec lui pendant la cémentation, mais bien au rapprochement des parties métalliques, qui s'accumulent à mesure qu'elles se ramollissent et que l'air dilaté expulse du fer le laitier surabondant à la nature de l'acier. C'est à ce rapprochement que j'attribue la différence de l'acier au fer, ce rapprochement étant selon moi ce qui constitue l'acier.

La couleur foncée que prend l'acier plus que le fer, si on les trempe tous les deux en même temps dans un acide, ne doit pas non plus être attribuée au charbon. C'est parce que l'acier contient plus de parties métalliques que le fer, à volume égal,

et que l'acide attaque le métal sans mordre sur le verre, que le fer doit nécessairement rester plus blanc.

On peut s'en convaincre en trempant dans de l'acide vitriolique ou nitreux une lame de fer et une d'acier d'égales dimensions. On verra que celle d'acier se couvrira successivement d'une nuance terne et uniforme, et cela par la raison que, ses fibres étant très-rapprochées, les couches de laitier qui les séparent et qui leur servent de soudure ne sont pas sensiblement apparentes; au lieu que, les fibres du fer étant plus écartées, le laitier qui se trouve entre elles présente plus d'épaisseur, et comme l'acide n'agit pas sur lui, son apparence est plus blanche que celle de l'acier : d'autant mieux que le laitier, qui abonde dans le fer, surgeonne pendant qu'on le chauffe, et forme, en se répandant sur la surface de la barre, des écoulemens qui augmentent encore sa blancheur; ce qui a été suffisamment détaillé dans différens endroits de ce traité, surtout page 8, expériences troisième et quatrième, où il est évidemment prouvé que le laitier est la soudure du fer.

*FIN.*

# TABLE DES MATIÈRES.

## PREMIÈRE PARTIE.

*Du Fer.*

### CHAPITRE PREMIER.



### CHAPITRE II.



### CHAPITRE III.



### CHAPITRE IV.



### CHAPITRE V.



### CHAPITRE VI.

## CHAPITRE VII.



## CHAPITRE VIII.



## CHAPITRE IX.



## CHAPITRE X.



## CHAPITRE XI.



## CHAPITRE XII.

CHAPITRE XIII.



CHAPITRE XIV.



CHAPITRE XV.



CHAPITRE XVI.

CHAPITRE XVII.



DEUXIÈME PARTIE.

*De l'Acier.*

CHAPITRE PREMIER.



CHAPITRE II.



CHAPITRE III.



CHAPITRE IV.

## CHAPITRE V.



## CHAPITRE VI.



## CHAPITRE VII.



## CHAPITRE VIII.



## CHAPITRE IX.



## CHAPITRE X.



## CHAPITRE XI.



## CHAPITRE XII.



## CHAPITRE XIII.

## CHAPITRE XIV.



## CHAPITRE XV.



## CHAPITRE XVI.



## CHAPITRE XVII.



## CHAPITRE XVIII.



## CHAPITRE XIX.



## CHAPITRE XX.



FIN.

## PLANCHE PREMIÈRE.

### PAGE 36.

*Patouillet servant à laver la mine.*

A. L'essieu de la roue à eau.

B. La roue.

C. Coursier ou canal qui porte l'eau sur la roue.

D. Manteau de la roue pour rejeter sur elle l'eau qui s'en échappe.

E. *Amas* ou huche, dans laquelle on nettoie la mine qui y arrive par le ruisseau *H.*

F. Barres de fer attachées à l'arbre pour agiter la mine dans l'eau.

G. Bassin où l'on rassemble la mine lavée dans la huche.

H. Courant d'eau, sur le bord duquel on décharge la mine et qui l'entraine dans la huche.

On arrête ce courant quand il y a de la mine dans la huche jusqu'à l'arbre et que le mouvement de la machine se ralentit.

I. Petit canal détaché du coursier, portant continuellement de l'eau claire dans la huche pour mieux laver la mine et remplacer celle qui s'échappe continuellement par les échancrures faites pour l'arbre dans les bouts de la huche.

K. Ouverture au fond de la huche qui communique dans le bassin *G*, et par où on laisse sortir la mine quand la terre en est bien détachée.

T. Petite palette servant à boucher l'ouverture *K.*

C'est dans le bassin *G* que l'on rassemble la mine en tas avec une pelle courbe; on l'amoncelle loin de la petite porte *O*, qui ne doit être ouverte que pour faire écouler peu à peu l'eau dans laquelle nage la mine.

C'est encore dans ce bassin que l'on sépare les cailloux ou pierres hétérogènes à la mine.

L. *Rache* ou petit réservoir dans lequel on rejette la mine pour être entraînée sur la grille *N*, où elle achève de se dépouiller de ses parties terreuses, à mesure qu'on la remue avec une petite pelle de fer recourbée.

M. Canal tiré du coursier pour entrainer et laver la mine sur la grille.

N. Grille sur laquelle on perfectionne le lavage de la mine.

O. Petite porte faite au bassin *G*, pour l'écoulement de l'eau qui sort de la huche avec la mine.

P. Amas de mine sortant de la grille et prête à être portée au fourneau.

Q. Empalement ou bascule pour donner de l'eau à la roue.

# PLANCHE SECONDE.

## PAGE 34.

### *Boccard servant à briser la mine et les scories.*

**A.** L'arbre.
**B.** La roue.
**C.** Coursier.
**D.** Manteau de la roue.
**E.** Dames ou montans.
**F.** Levées ou mentonnets.
**G.** Pilons.
**H.** Cames de fer acérées.

Il y en a quatre rangs qui correspondent aux quatre pilons.

**I.** Glissoir.
**K.** Lavoir.
**L.** Barres de fer traversant les dames entre lesquelles les pilons sont maintenus.
**M.** Grille qui arrête les crasses sous les pilons, et les empêche d'être entraînées par l'eau.
**N.** L'emplacement au sortir de la grille où se dépose le fer ou la mine par son poids, tandis que les matières sont emportées par le courant.
**O.** Courant particulier pour laver les crasses.

Le boccard sert à casser la mine qui est en trop gros morceaux, et à écraser le laitier de ballage, celui qui contient du fer, dont on a parlé dans ce traité.

Les cames ou dents de l'arbre font monter les pilons par le moyen des mentonnets *F*; elles sont placées à chaque rang alternativement vis-à-vis les unes des autres, afin que le mouvement des pilons soit continuel. On détourne le courant *O* quand on écrase de la mine, parce que cela se fait à sec, mais il sert pour le laitier. Le fer qui se sépare des scories sous les pilons, reste derrière la grille *M*, et l'eau emporte les parties terreuses.

Un boccard peut fournir deux cent cinquante à trois cents livres de fer par jour, et un seul homme suffit à sa manœuvre.

On peut mettre une seconde batterie sur le même arbre si le courant d'eau est assez fort pour cela.

## PLANCHE TROISIÈME.

PAGE 46.

*Fourneau à fondre le fer.*

A. Intérieur du fourneau, où se met la mine pour être fondue. Fig. 1.re
B. Massif qui entoure et renforce l'intérieur du fourneau.
C. Voûte formée sur le devant du fourneau pour pouvoir s'approcher de son intérieur.
D. Cheminée pour donner passage à la fumée et aux bluettes qui s'élèvent du bas du fourneau.
E. Partie du fourneau nommée *l'ouvrage*.
F. Cuve ou creuset.
G. Foyer supérieur, où se trouve la plus grande largeur du fourneau.
H. Deux plans inclinés, nommés les *bosses* ou *étalages*, qui réunissent le foyer supérieur à l'ouvrage.
I. Guide-hors ou extrémité de la cheminée.
K. Les batailles, murs élevés sur la platte-forme du fourneau pour garantir du vent.
L. Partie du creuset qui se trouve sous le mur fermant le devant du fourneau.
M. Dame, pièce de fer coulé qui ferme en partie le devant du creuset.
N. Gentils-hommes, deux grosses barres de fer qui forment sur le devant du fourneau un plan incliné depuis la sommité de la dame.
O. Coulée ou pertuis par où le métal s'écoule dans les moules.
P. Intervalle entre la dame et la pierre de tympe qui sert de voûte au creuset et par où l'on introduit dans le creuset des outils pour travailler le métal.
Q. Tympe, plaque de fer coulé pour servir de point d'appui aux outils et pour renforcer le mur qui ferme le devant du fourneau.
R. Deux plaques de fer posées sur la tympe et inclinées selon le sens de la voûte, servant à renforcer la maçonnerie.
S. Marastres, barres de fer qui soutiennent les deux plaques *R*. Pl. IV, Fig. 2.e
T. Boüstas, deux grosses barres de fer qui soutiennent la tympe et servent de point d'appui aux outils dont on se sert pour manœuvrer le métal.
Z. Gueulard, plaque de fonte pour conserver la maçonnerie de l'extrémité de la cheminée. Fig. 1.re
a. Tirans de fer traversant le massif dans les deux sens pour le contenir.
b. Clefs de fer traversant la tête de chacun des trois tirans qui sont dans la même direction verticale.

Fig. 2.e D. Voûte formée sur un des côtés du fourneau pour l'emplacement des soufflets.

R. Deux plaques de fer pour renforcer la maçonnerie.

y. Soufflets de bois.

a. L'arbre ou l'essieu de la roue qui fait aller les soufflets.

b. La roue.

C. Cames de bois qui font baisser les soufflets.

d. Bascule qui les fait remonter.

e. Support de la bascule.

f. Tuyères pour loger les buses des soufflets et les préserver du feu.

g. Buses des soufflets.

*Outils du fourneau.*

Fig. 1.re
- 3. Le Ringard.
- 4. Le Couar.
- 5. Le Crochet.
- 6. Le Stoucar.
- 7. La plaçoire.

## PLANCHE QUATRIÈME.

### PAGE 47.

*Fourneau à fondre le fer.*

Fig. 1.re F. Cuve ou creuset.

K. Pierre de tuyère.

L. Pierre de contre-vent.

M. Pierre de rustine.

X. Faux parois; mur contre lequel on bâtit le revêtement intérieur du fourneau, afin de pouvoir le renouveler sans toucher au massif.

Y. Soufflets de bois.

a. L'arbre ou l'essieu de la roue qui fait aller les soufflets.

b. La roue.

c. Cames de bois qui font baisser les soufflets.

d. Bascule qui les fait remonter.

f. Tuyères pour loger les buses des soufflets et les préserver du feu.

g. Buses des soufflets.

h. Coursier qui porte l'eau sur la roue.

i. Crapaudines ou empoisses de fer coulé pour supporter les tourillons de l'arbre.

Fig. 2.e D. Cheminée du devant du fourneau.

G. Évents.

K. Battailles.

M. Dame.

O. Pertuis.

P. Intervalle entre la dame et la pierre de tympe.

Q. Plaque de tympe.

R. Deux plaques de fer pour renforcer la maçonnerie.

S. Marastres.

T. Boustas.

a. Tirans de fer traversant le massif dans les deux sens pour le contenir.

b. Clefs de fer traversant la tête de chacun des trois tirans qui sont dans la même direction verticale.

e. Tuyaux de tôle forte pour servir d'évent aux vides réservés sous le creuset.

g. h. Lit de sable battu sous le fond du creuset.

## PLANCHE CINQUIÈME.

PAGE 41.

### *Plans du fourneau.*

Fig. 1.re A. Galerie qui règne tout autour du massif pour recevoir les eaux qui pourroient le rendre humide.

B. Puits fait sous le milieu du fond du creuset pour le même usage.

E. Conduit par où l'eau du puits s'écoule dans la galerie *A*.

F. Petite galerie qui règne sous les bords de la pierre du fond, et qui est plus élevée que le pûits, dans lequel elle se décharge.

G. Trois autres petites galeries destinées à recevoir les vapeurs que la chaleur occasionne.

a. Revêtement en pierres de taille.

e. Tuyaux faits en buses de soufflet pour servir de cheminée à la vapeur qui sort des galeries *G*.

f. Face de tympe,
g. Face de rustine,
h. Face de tuyère,
i. Face de contre-vent,
} noms des faces du creuset.

Fig. 2.e K. Costières.

L. Pierre de tympe.

M. Dame de fer.

N. Le pertuis par où coule le métal.

O. Pierre de rustine.

P. Gentils-hommes.

Q. Tympe de fer.

a. Tirans de fer traversant le massif.

## PLANCHE SIXIÈME.

P. 72.

### *Affinerie.*

A. Plate-forme de la cheminée.
B. Creuset.
C. Ouverture par où l'on présente la gueuse dans le creuset.
D. Bout de la gueuse.
E. Tuyére.
F. Buses des soufflets.
G. Soufflets de cuir.
H. Volée, ou balancier, aux bouts de laquelle sont attachés les crochets qui élèvent les soufflets.
I. Ressorts ou perches qui relèvent les soufflets quand ils s'échappent des cames.
K. Arbre pour faire baisser les soufflets.
L. Roue à eau.
M. Cames mises sur deux rangs pour faire baisser alternativement les soufflets.
N. Coursier.
Q. Crapaudine de fer de fonte.
R. Plaque de fonte formant une petite voûte devant le creuset.
S. Petit mur soutenant le bout de la plaque.
T. Tympe.
U. Plaque de tuyère.
a. Coin de fer placé entre le fond du creuset et le contre-vent.

# PLANCHE SEPTIÈME.

## PAGE 74.

### *Gros marteau.*

A. Gros marteau pesant environ 600 livres.

B. Manche du marteau.

C. *Hus*, *hülse*, *hurasse*.

> Les pointes de la hus servent de tourillons au manche du marteau : il y en a une qui est plus courte que l'autre, que l'on nomme *courtbouton*; elle se place du côté de l'arbre, afin que le manche se trouve plus rapproché des cames qui doivent le soulever.

D. Braye pour recevoir le frottement des cames et en garantir le manche.

E. Rabat ou ressort de bois pour augmenter l'effort du marteau sur l'enclume, contre laquelle il est renvoyé en réaction par le ressort.

F. Drosme, grande poutre dont les bouts sont solidement soutenus, parce que c'est elle qui contient la charpente du gros marteau.

G. Grande attache dans laquelle un des bouts du *drosme* et celui du ressort sont engagés.

H. Court carreau, pièce de la charpente soutenant le drosme et traversée par l'appui inférieur du ressort.

I. Jambes portant l'appui supérieur du ressort et les crapaudines de la hus.

K. L'arbre.

L. Cercle des bras en fer de fonte; ce cercle et ses bras ou dents ne forment qu'un corps, les bras servent à faire aller le marteau; on garnit en bois la face destinée à soulever le manche.

> Toute cette charpente est contenue solidement en terre par de grosses pièces dans lesquelles elles se logent à tenons, et qui sont supportées elles-mêmes par d'autres placées en travers sous celles qui leur servent de semelles. *Voyez planche* 8.

M. Enclume placée sur un bloc formé d'un arbre debout de huit à neuf pieds de longueur, enfoncé en terre et soutenu solidement par des pièces de bois en croix, de même que la charpente.

N. Roue à eau.

## PLANCHE HUITIÈME.

PAGE 74.

### *Martinet à deux marteaux.*

A. Martinet.
B. Son manche.
C. Contre-tête de renvoi.
D. Plaque de fer de fonte sur laquelle frappe la contre-tête quand les cames rencontrent le manche, et qui par son élasticité donne de la réaction au martinet et augmente l'effort de sa chute.
E. Cercle de fer portant ses dents ou cames.
F. Roue à eau.
f. Manteau de la roue.
G. Coursier.
H. *Sabotte.* Les petites enclumes sont logées quarrément dans ces sabottes; on en change suivant les pièces que l'on veut former: ces sabottes sont surtout nécessaires pour les petites enclumes qui servent à battre les boulets, parce qu'il faut en avoir pour chaque calibre. Mais dans les martinets ordinaires on se contente d'enfoncer les petites enclumes d'environ 3 pouces de profondeur sur les blocs, et de les affermir avec des coins de fer tout autour.
I. Bloc de l'enclume de cinq à six pieds de longueur, soutenu et encastré par le bout dans une croix de charpente.
K. Poupées. Elles entrent de huit à neuf pieds en terre, et sont embrassées par trois rangs de moises liées par des boulons à écroux: le premier rang est à 15 pouces de la sommité; le second, qui doit se trouver à fleur de terre, est à trois pieds huit pouces du premier; le troisiéme est à trois pieds du second. Le bout des poupées est logé quarrément et à épaulement dans une grosse poutre qui est soutenue elle-même par deux rangs de poutres mises en croix les unes sous les autres: tous ces bois doivent être en chêne.
L. Coupe du manche des martinets à la hus.
M. Moises qui embrassent les poupées.
N. Charpente qui soutient les poupées, et qui doit être posée de niveau et sur un terrain bien battu.

*Nota.* Si le terrain n'est pas solide, on établit la charpente sur une base de maçonnerie en pierre de taille.

O. Pièces de bois mobiles, dans lesquelles les crapaudines de la hus sont logées, et que l'on rapproche l'une de l'autre par le moyen de plusieurs coins frappés entre elles et les poupées.

## PLANCHE NEUVIÈME.

### PAGE 47.

### *Soufflet de forge simple en bois..*

**A.** Volant.
**B.** Corps du soufflet.
**C.** Pied du soufflet.
**D.** Charpente pour porter le pied, qui y est fixé solidement par des boulons.
**E.** Levier pour le mouvement des soufflets.
**F.** Arbre de la roue à eau dont les cames G pressent le levier.
**H.** Soupape du soufflet, garnie en dessous de peau de mouton; on en règle la plus grande ouverture par la longueur que l'on donne à la petite courroie *a*.
**I.** Liteaux mobiles, qui obéissent dans le sens de leur longueur et dans celui de leur largeur à la pression de deux ressorts; les bouts de ces liteaux s'enchâssent les uns dans les autres, comme on le voit *Fig.* 1[re], afin qu'il ne reste jamais de vide entre les liteaux et le volant, et que le vent ne se perde pas.
**b.** Liteaux qui s'assemblent au milieu des côtés du soufflet.
**d.** Liteaux de l'assemblage des angles.
**K.** Montant des guides qui contiennent le côté intérieur des liteaux.
**L.** Chapeau des guides qui les contiennent en dessus.
**e.** Ressort plat logé dans le montant des guides qui sont fendus pour cet usage, servant à presser les liteaux contre les côtés du volant.

*Nota.* Ceux des angles C pressant en même temps les liteaux des bouts et ceux des côtés.

**f.** Ressorts de fil de fer, fixés à chaque bout par un clou qui les attache sur les liteaux, servant à les écarter dans le sens de leur longueur et à presser le bout de ceux des extrémités contre les bouts du volant.
**M.** Buse du soufflet.
**N.** Tuyère dans laquelle les bouts de la buse se logent pour l'empêcher de se brûler.

*Nota.* On a dessiné le guida et les liteaux ainsi que les ferrures du levier de mouvement, et la cremaillère g, qui lie l'ame du soufflet avec le ressort qui lève la volant; elle s'accroche à l'ame *m*.

**l.** Tasseau du levier de mouvement.
**n.** Plaque coudée du levier de mouvement.

Le dessin fait connoître les dimensions et les autres parties du soufflet.

**o.** Étrier du levier qui communique au crochet P, et qui lie le mouvement du levier avec celui du soufflet.

Le bois des soufflets doit être en sapin sans nœuds et bien sec; malgré cela, quelque sec qu'il soit, les planches se désunissent en se desséchant : on remédie à ce défaut en collant des bandes de cuir sur les joints ; les fondeurs se contentent de les couvrir avec la terre argileuse dont ils se servent pour la tuyère du fourneau.

## PLANCHE DIXIÈME.

### PAGE 70.

### *Double soufflet en bois.*

Ce soufflet est construit de manière à produire un vent continuel; il est composé de trois pièces essentielles : il y en a une de plus qu'au soufflet simple, c'est la partie inférieure; elle est garnie de liteaux mobiles et d'une soupape, de même que le corps.

**A.** Volant.
**B.** Corps du soufflet.
**C.** Partie inférieure.
**D.** Caisse ou logement de la partie inférieure.
**E.** Leviers donnant le mouvement au soufflet.
**G.** Soupape du corps du soufflet.
**H.** Soupape de la partie inférieure.
**I.** Liteaux mobiles dont on a expliqué l'usage dans la table du soufflet simple.

*Nota.* On les a laissés à leur place sur le bord inférieur. Voyez le plan du corps du soufflet en dessus : on les a sortis de la figure pour montrer leur forme et leurs dimensions.

**K.** Liteaux des angles, qui se croisent à moitié bois l'un sur l'autre.
**L.** Liteaux du milieu : on peut voir dans la figure la façon dont ils s'enchâssent l'un dans l'autre à mesure que le volant les presse en se baissant; ils sont aussi dessinés à part sur une échelle de deux pouces pour pied, pour en mieux faire voir les dimensions.

On donne cette forme à leurs bouts afin qu'il n'y ait jamais d'intervalle entre eux, et que le côté extérieur des liteaux présente toujours au volant un obstacle dans toute sa longueur, qui empêche le vent de s'échapper.

**M.** Liteaux dont les bouts sont écartés pour faire voir la façon dont ils s'assemblent sous les chapeaux des guides.
**N.** Montans des guides, appuyant le côté intérieur des liteaux.
**O.** Chapeau des guides, contenant le dessus des liteaux.
**i.** Ressorts d'acier logés dans le montant des guides, et pressant les liteaux contre le volant.
**m.** Ressorts de fil de fer, éloignant les liteaux dans la direction de leur longueur, à mesure que le volant s'élève.
**P.** Buse du soufflet.

Lorsque les trois parties du soufflet sont réunies, le volant est assemblé avec le corps par le moyen d'un boulon de bois qui passe dans les trous *a* et *b*; la traverse *c* se loge dans la rainure *d*; cette traverse fait le même usage que les montans des guides, elle contient le liteau du petit bout.

La partie inférieure s'assemble aussi avec le corps par un samblable boulon, qui passe dans les deux trous *e* et *f*; la traverse *g* se loge dans la rainure *h* et a le même usage que la traverse *c*.

L'extrémité *i* du dessus du volant est à charnière de fer, et sa jonction est recouverte en cuir. Cette charnière fait que ce bout a la liberté d'obéir au mouvement du volant quand il se relève.

Lorsque le soufflet est en place, le corps est fixé solidement sur ses supports, mais le volant et la partie inférieure sont mobiles.

Le soufflet est mis en mouvement par une verge de fer qui prend dans le trou *Q* (voyez le derrière de la partie inférieure); la pression de la partie inférieure refoule l'air qui est dans l'espace *D*, le fait passer dans le corps *B*, en soulevant la soupape *G* en même temps qu'il s'en échappe une partie par la tuyère; cet air comprimé élève aussi le volant *A*.

Quand la partie inférieure descend, le volant se baisse au moyen des poids dont il est chargé; les soupapes *G* et H se referment, et l'air contenu dans le volant et dans le corps est poussé vers la tuyère, de sorte que le souffle est continuel : il est cependant plus foible dans l'instant où le volant achève de tomber.

Dans les soufflets simples on a un seul vent; il ne sort de la tuyère que l'air renfermé dans le volant et dans le corps : il y a interruption de souffle pendant que la soupape aspire et que le volant se relève; c'est par cette raison que l'on met deux de ces soufflets l'un à côté de l'autre, et que l'on dispose les cames qui font descendre les volans de façon que la pression des deux soufflets soit alternative.

## PLANCHE ONZIÈME.

PAGE 75.

### *Mouvement pour faire aller un double soufflet en bois.*

Fig. 1.re A. Manivelle fixée à l'arbre de la roue à eau.
B. Communication de la manivelle aux leviers.
C. Leviers mobiles dans leurs boulons.
D. Treuils sur lesquels les leviers *C* sont assemblés.
E. Barre de communication entre les deux leviers verticaux *C*.
F. Support de la barre mobile dans son boulon en même temps que par son treuil.
G. Verge de fer qui fait mouvoir les soufflets.
H. Corde passant sur les deux poulies *K* et traversant l'anneau de la verge *G*, et fixée à un contre-poids *I* pour la tenir tendue.
*g*. Crochet de la verge.

Ce crochet, quand le forgeur tire la corde *H*, s'accroche dans le boulon *h*, dans lequel le contre-poids *I* l'attire.

M. Dernier levier de communication, renforcé sur chaque côté d'une bande de fer percée de trois trous qui servent à changer de place le boulon *h*.

Par le moyen de tous ces leviers de communication le mouvement de la roue à eau se communique au soufflet alternativement, lorsque le crochet est dans le boulon *h*.

Fig. 2.e Vue des treuils *D* et de leurs leviers de communication *C*.
b. Mortaise pour les leviers.
d. Axe des treuils.
e. Cercles de fer pour renforcer les treuils.
f. Logement de la barre *E*, dans lequel elle se meut librement sur son boulon.

Fig. 3.e A. Chape de la roue à eau.
B. Venteaux qui renvoient l'eau sur la roue.
C. Recouvrement de la chape.
D. Seuil dans lequel elle est fixée.

## PLANCHE DOUZIÈME.

PAGE 158.

*Travail à la Catalane.*

E. Tuyère.
G. Porte-vent.
H. Caisse à vent.
I. Buse.
K. Levier du tampon.
L. Chaîne du levier.
M. L'aire de la cheminée.
N. Mur de clôture d'*idem*.
O. Fond du creuset.
P. Grille de fer.
Q. Enclume.

## PLANCHE TREIZIÈME.

PAGE 158.

*Travail à la Catalane.*

A. Corps des trompes.
B. Les entonnoirs.
C. Les naseaux.
D. Pierre plate sur laquelle tombe l'eau.
F. Canal pour l'écoulement de l'eau.
Q. Pierre de l'enclume.

## PLANCHE QUATORZIÈME.

### PAGE 216.

### *Raffinerie d'acier.*

**C.** Encaissement formé dans la cheminée vis-à-vis de la tuyère.

**D. E.** } Plaques de fer coulé, placées autour de l'encaissement et sur le bord
**F. G.** } du devant de la cheminée.

**D.** Cette plaque doit avoir deux pouces six lignes à trois pouces d'épaisseur.

**H.** Trou en talus pour l'écoulement du laitier.

**I.** Trousse de lames d'acier brut, prête à être mise au feu.

**K.** Tenaille servant à saisir la trousse.

**L.** La trousse à moitié soudée.

**M.** Forme que l'on donne à la trousse à tous les raffinages.

**N.** Barreau du premier raffinage.

**O.** Le barreau N, doublé pour être raffiné une seconde fois.

**P.** Un tiers du barreau O, soudé et tiré en coin par le bout, pour être replié sur lui-même et former de l'acier de trois marques.

**Q.** Le tranchant du barreau P, soudé sur ses deux autres parties.

**R.** Premier étirage du barreau Q.

**S.** Second étirage.

**s.** Barreau d'acier de trois marques.

**T.** Caisse contenant le mélange de la terre argileuse et les scories dont se sert le raffineur.

**V.** Verge qui sert à ouvrir la porte du coursier X.

**Y.** Levier pendant à côté de la forge pour être à portée du martineur, et avec lequel il règle le mouvement de la roue des soufflets.

**Z.** Ferrures *a b* du dessus des soufflets, dessinés à dix-huit lignes par pied.

**d.** Cheville servant à diminuer le vent des soufflets.

## PLANCHE QUINZIÈME.

### PAGE 263.

*Fourneau d'épreuve pour cémenter du fer.*

G. Trémie par où le bois s'introduit dans le fourneau.
H. Grille où s'arrête le bois.
I. Cendrier.
K. Voûte inférieure pour loger le bois.
L. Supports de la caisse.
M. Caisse où sont placées les barres à cémenter.
N. Élévation de la caisse.
O. Ouverture pour retirer les bouts de barres servant de témoins.
P. Voûte du fourneau.
Q. Soupiraux.
R. Ouverture formée sur le derrière du fourneau pour charger la caisse et pour servir de regard.
S. Ouverture pratiquée sur le devant du fourneau, par où l'on retire les témoins.
T. Intervalles des supports.
X. Grille de fer pour soutenir le bois au-dessus des cendres.

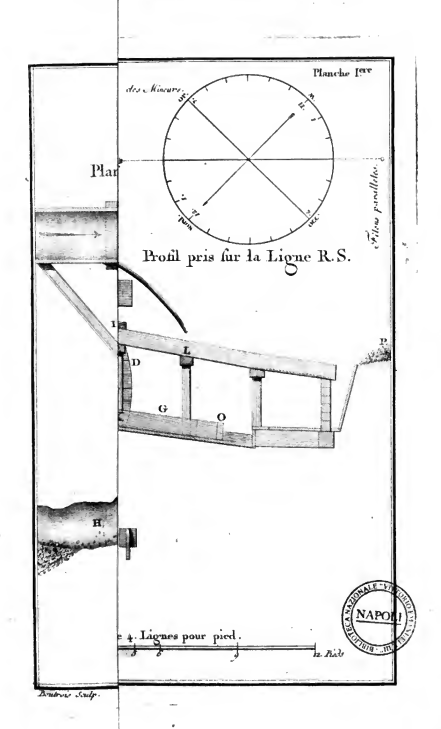
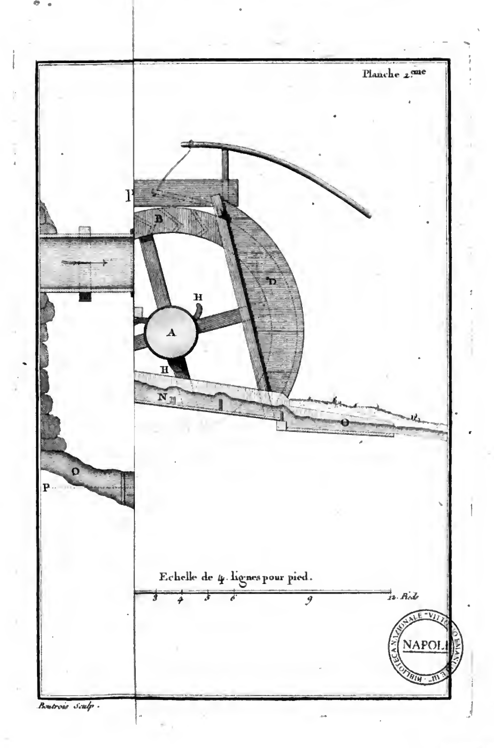


Planche Ière
des Mineurs
Plan
Profil pris sur la Ligne R.S.
Filons parallèles
I
L
P
D
G
O
H
4. Lignes pour pied.
3
6
9
12. Pieds
Boutrois Sculp.

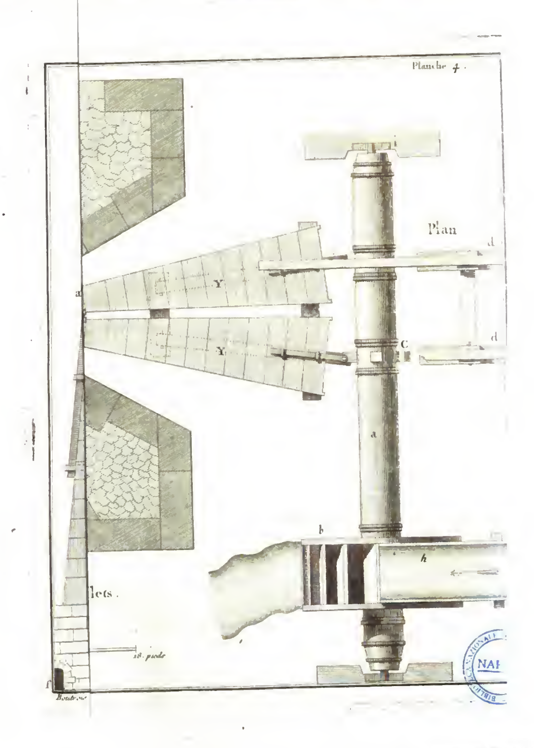

Planche 2.eme
A
B
C
D
H
H
N
O
O
P
Echelle de 4. lignes pour pied.
3
4
5
6
9
12. Pieds
Boutrois Sculp.

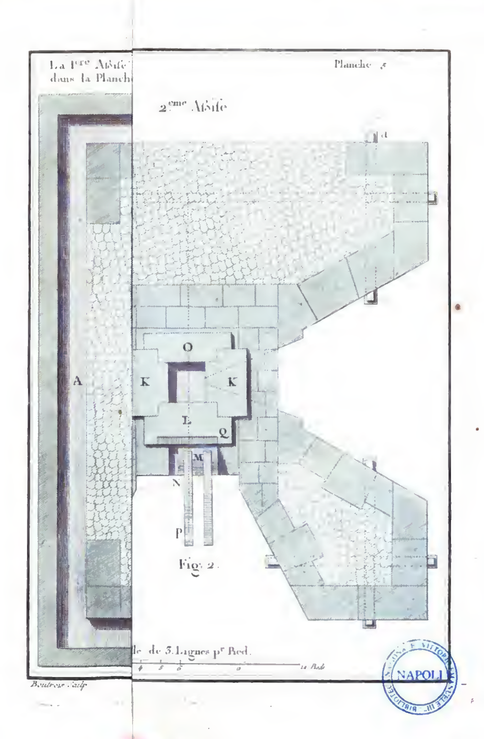


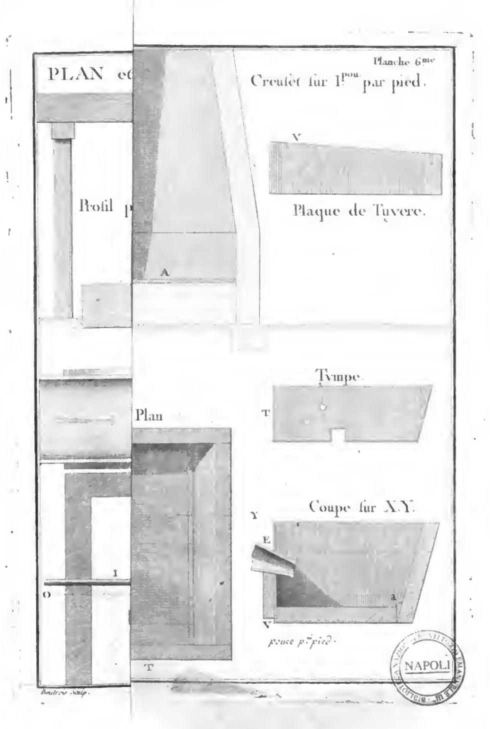
Profil pris sur la ligne AB.



Echelle d'un pouce pour pied pour les Outils.


Planche 4.
Plan
d
Y
Y
a
d
C
a
b
h
lets.
18. piedi
f
Boulr. sc.


La 1ere Assise
dans la Planch
Planche 5
2eme Assise
O
K
K
A
L
Q
M
N
P
Fig. 2.
le de 3 Lignes pr Pied.
Boutrois Sculp.


PLAN et
Planche 6me
Creuset sur 1pou. par pied.
V
Plaque de Tuyere.
Profil p
A
Tympe.
T
Plan
Coupe sur X.Y.
Y
E
I
O
a
V
pouce p.r pied.
T
Boutrois Sculp.

Maſse a
la

s ſur la Ligne A.B.

Plan.e 7.

F

L

A

M

L

L

C

A

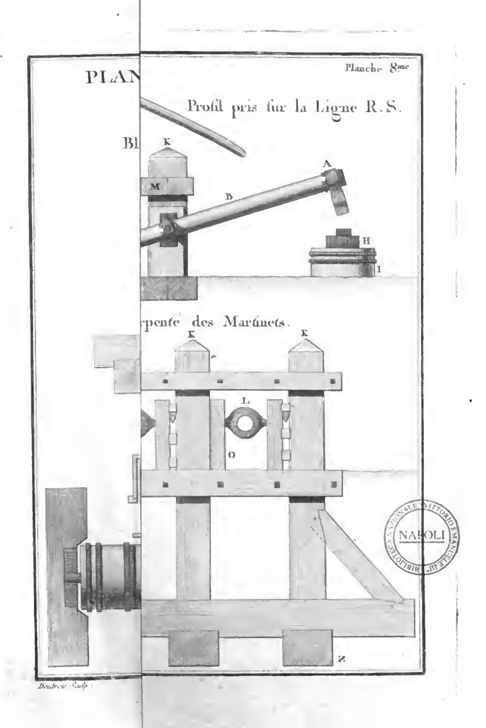
D

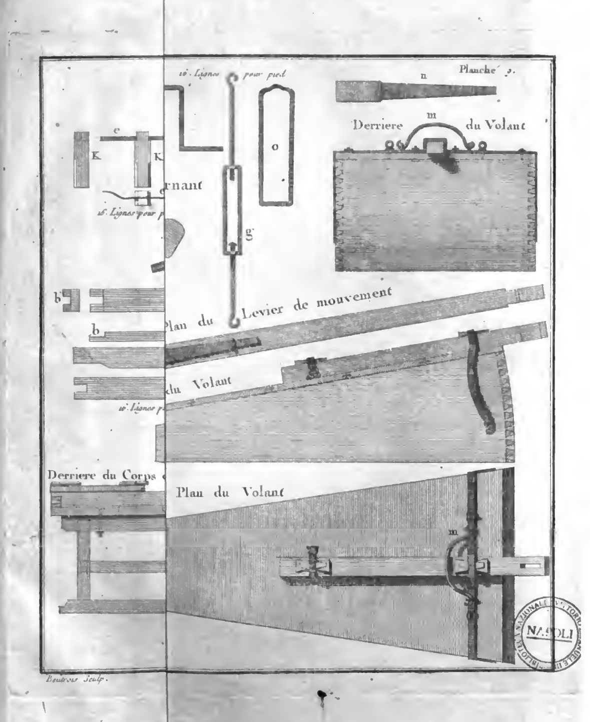
B

Ech

12 Piede

B... Sculp.


PLAN
Planche 8me
Profil pris fur la Ligne R.S.
Bl
K
A
M
B
H
I
rpente des Martinets.
K
K
L
O
Boutrois Sculp



10. Lignes pour pied
Planche 9.
n
m
Derriere du Volant
e
K
K
o
rnant
16. Lignes pour p
g
b
b
Plan du Levier de mouvement
du Volant
10. Lignes p
Derriere du Corps
Plan du Volant
m
Boutrois Sculp.

Derr

Plan interieur du Volant

A

i

Corps du Souflet

K

O

L

l

l

G

O

B

m

s

O

M

s

m

a

l

Derriere de l

Plan de la partie Inferieure

m

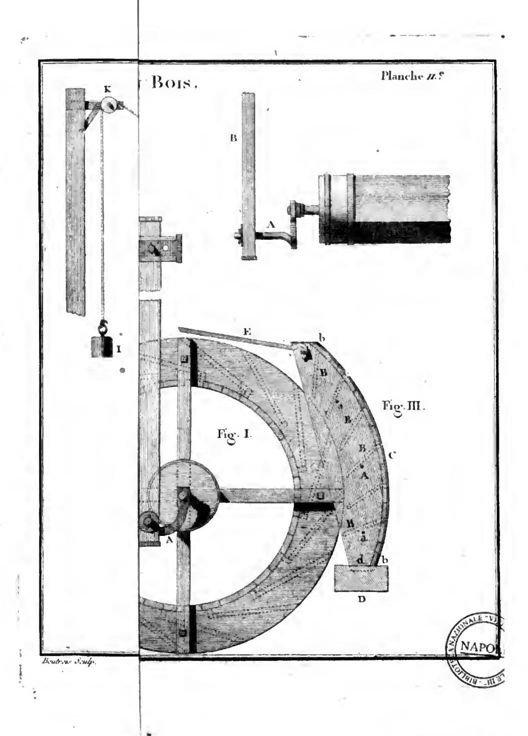
H

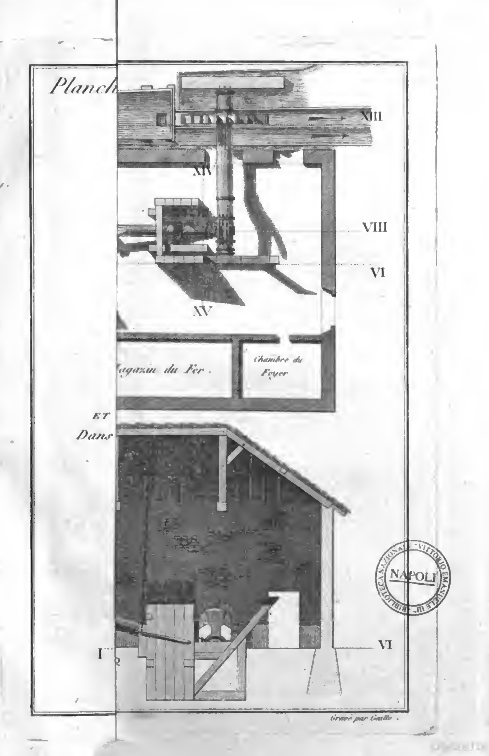
m

O

E

Coutrer Sculp.


Bois.
Planche II.e
K
B
A
I
E
b
B
Fig. III.
Fig. I.
C
A
d
b
D
Boutrois Sculp.


Planch
XIII
XIV
VIII
VI
XV
Magazin du Fer.
Chambre du Foyer
ET
Dans
VI
I
Gravé par Gaitte.

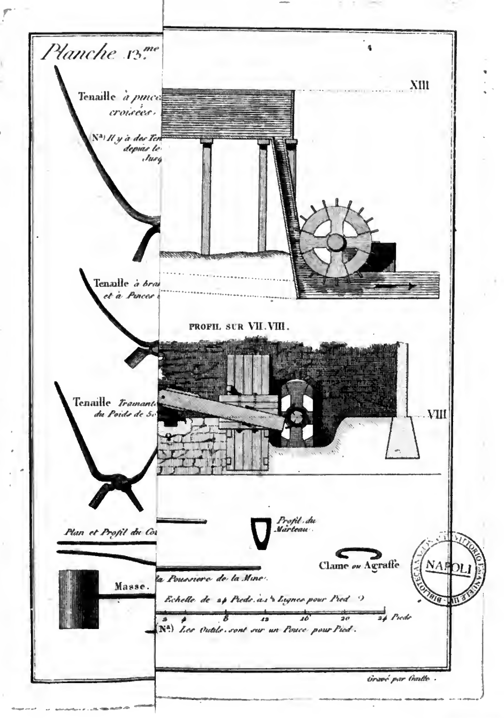

Planche 13.me
XIII
Tenaille à pince
croisées
(N.a) Il y a des Ten
depuis le
Jusq
Tenaille à bra
et à Pinces
PROFIL SUR VII.VIII.
Tenaille Traînante
du Poids de S
VIII
Profil du Marteau
Plan et Profil du Co
Clame ou Agraffe
la Poussiere de la Mine.
Masse.
Echelle de 24 Pieds à 2 Lignes pour Pied
4
8
12
16
20
24 Pieds
(N.a) Les Outils sont sur un Pouce pour Pied.
Gravé par Gatte.

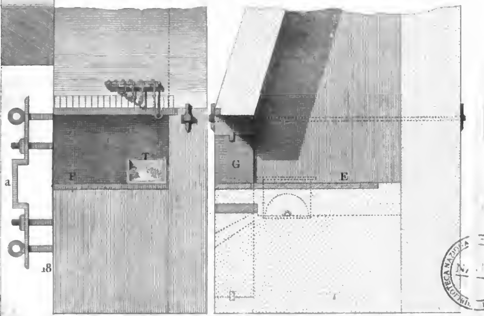
Planche 14.e

S R Q P O N I

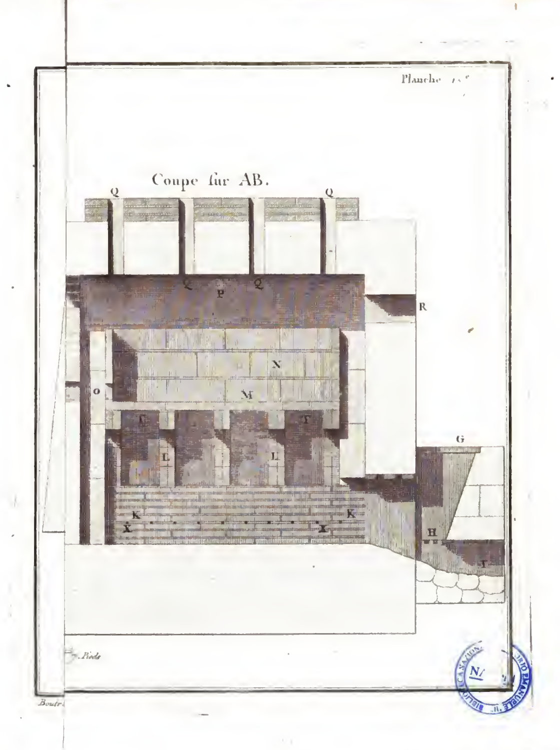
S M L K

e vue par devant

Coupe fur la Ligne AB.




Boutrois Sc.


Planche 1.re
Coupe sur AB.
Q
Q
Q
P
Q
R
N
O
M
T
T
L
L
G
K
K
X
X
H
I
Pieds
Boutr

